This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

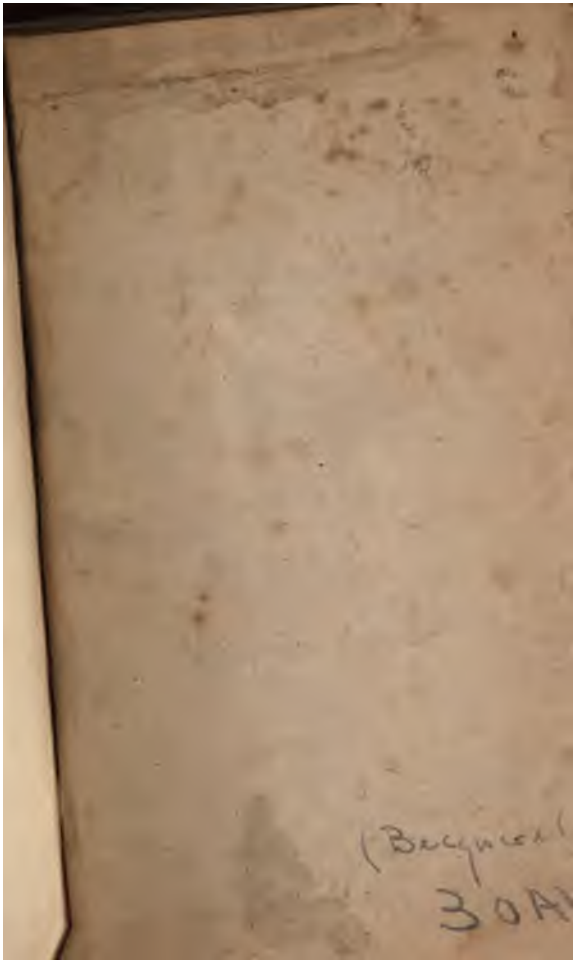
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



(Becquerel
30A

1. Physics — Elementary and popular wo
1845.

QD

Populäre Naturlehre

mit besonderer Rücksicht auf die

Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,

Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,

mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen

von

Professor C. Kißling.

Erster Theil.

Mit Tafel I. u. II.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher."

Stuttgart, 1845.

rlag von Scheible, Rieger & Sattler.

(Preis pro Theil 18 kr. oder 4½ ggr.)

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
746894
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1918 L

Vorrede.

Seit dem Ende des verflossenen Jahrhunderts haben Physik und Chemie einen solchen Aufschwung erhalten, daß sie sich jetzt gegenseitig unterstützen und ein helles Licht über die Physiologie und die mannigfaltigen Zweige der Naturwissenschaften verbreiten können.

Lange Zeit hindurch sind diese Wissenschaften getrennt geblieben, weil man sie zuerst entwickeln und erweitern mußte, bevor man daran denken konnte, Beziehungen zwischen ihnen aufzufinden; d. h. man mußte Thatsachen entdecken, sie von allen Seiten genau untersuchen, um sich ihrer Richtigkeit zu versichern, sie sodann klassifiziren und analysiren, um zu der Kenntniß der Ursachen und der Gründe zu gelangen, während man es jedoch zu vermeiden hat, zu schnell von einzelnen Thatsachen zu allgemeinen Principien aufzusteigen, wozu man nur zu oft so sehr geneigt ist.

Dieser Gang des menschlichen Geistes in dem Studium der Wissenschaften, welchen Galilei und seine Schüler instinktmäßig einschlugen, und der von

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
746894
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1916 L

Davy und Berzelius angestellt wurden, haben den physico-chemischen Wissenschaften einen außerordentlichen Impuls gegeben; die Gelehrten aller Länder haben sich bemüht und bemühen sich noch, zu der Entdeckung der Eigenschaften eines Grundstoffes mitzuwirken, dessen Kenntniß für die Naturphilosophie von der höchsten Wichtigkeit ist, weil man mit ihrer Hülfe einmal die meisten Fragen, die sich auf die Wirkungen in kleinen Entfernungen beziehen, lösen wird, wie Newton es bei den Anziehungen der Planeten gethan hat.

Die Kraft, vermöge welcher die heterogenen Theilchen sich in der unorganischen Natur mit einander verbinden, ist von derjenigen, welche die Attraktion der Moleküle bewirkt, verschieden, oder gehört wenigstens nicht zu derselben Ordnung.

Die erstere, die Verwandtschaften, ist von den elektrischen Kräften unzertrennlich; sie zeigt ihr Wirken nie, ohne daß diese sich zeigen und gleiche Intensitäten unter den nämlichen Umständen haben; sie stehen in einem solchen Abhängigkeitsverhältnisse zu einander, daß die eine zu Erzeugung der andern und umgekehrt dienen kann; daher kann man auch nie zu viele Sorgfalt auf ihr vergleichendes Studium verwenden. Die Physik wendet, um die Wirkungen der letzten Kraft, die Molekularattraktion kennen zu lernen, das Spalten, die Elasticität und das polarisirte Licht an. Durch das *Spalten* lernt man das krystallinische *System der mineralischen* Substanzen kennen; die *Erscheinungen der Elasticität* liefern uns werth-

Baco so vortrefflich vorgezeichnet wurde, ist zu ein
Verhaltungsregel geworden, von der man sich nic
entfernen darf, wenn man sich nicht der Gefahr au
setzen will, vom rechten Wege abzukommen; wer
aber auch das analytische Verfahren, welches i
Theilen besteht, um sicherer zu den Gründen zu g
langen, wichtige Resultate gewährt, so darf man
doch nicht mit Ausschließung der synthetischen Metho
anwenden, welche die Theile einander näher bring
um zu dem nämlichen Ziele zu gelangen, wenn m
das Ganze einer Wissenschaft im Auge hat.

In der gegenwärtigen Zeit muß man diese letzte
Methode anwenden, um die Verbindung zwischen d
physischen, chemischen und Naturwissenschaften fe
herzustellen, die man von allen Seiten her zu begrü
den sucht, seitdem die Thatsachen über die Rahm
hinausragen, in welche man sie spannte.

Alle Körper, welche in unsere Augen fallen, b
stehen aus Theilchen, die vermöge gewisser Kräf
verbunden sind, deren Natur wir mehr oder wenig
kennen, je nachdem jene organisch oder unorganis
sind. Die Bildung der Ersteren ist noch in ein tief
Dunkel gehüllt; so verhält es sich aber nicht ga
mit der Bildung der unorganischen Körper, weil ei
große Menge von Thatsachen zu beweisen sucht, d
die Theilchen derselben unter der Einwirkung v
Kräften stehen, die sich in dem innigsten Verban
mit den elektrischen Kräften zu befinden scheinen.

Die Forschungen, welche in dieser Beziehung v

Davy und Berzelius angestellt wurden, haben den physico-chemischen Wissenschaften einen außerordentlichen Impuls gegeben; die Gelehrten aller Länder haben sich bemüht und bemühen sich noch, zu der Entdeckung der Eigenschaften eines Grundstoffes mitzuwirken, dessen Kenntniß für die Naturphilosophie von der höchsten Wichtigkeit ist, weil man mit ihrer Hülfe einmal die meisten Fragen, die sich auf die Wirkungen in kleinen Entfernungen beziehen, lösen wird, wie Newton es bei den Anziehungen der Planeten gethan hat.

Die Kraft, vermöge welcher die heterogenen Theilchen sich in der unorganischen Natur mit einander verbinden, ist von derjenigen, welche die Attraktion der Moleküle bewirkt, verschieden, oder gehört wenigstens nicht zu derselben Ordnung.

Die erstere, die Verwandtschaften, ist von den elektrischen Kräften unzertrennlich; sie zeigt ihr Wirken nie, ohne daß diese sich zeigen und gleiche Intensitäten unter den nämlichen Umständen haben; sie stehen in einem solchen Abhängigkeitsverhältnisse zu einander, daß die eine zu Erzeugung der andern und umgekehrt dienen kann; daher kann man auch nie zu viele Sorgfalt auf ihr vergleichendes Studium verwenden. Die Physik wendet, um die Wirkungen der zweiten Kraft, die Molekularattraktion kennen zu lernen, das Spalten, die Elasticität und das polarisirte Licht an. Durch das Spalten lernt man das krystallinische System der mineralischen Substanzen kennen; die *Erscheinungen der Elasticität* liefern uns werth-

sogar die organischen Kräfte zusammen wirken. Ehemals gab man sich wenig mit denselben ab, weil man nicht alle Ursachen kannte, die zu ihrer Entwicklung beitragen, wenn man z. B. alte Münzen von Erz sah, welche in Kupferoxydul verwandelt waren, ohne daß ihre Gestalt außer einer Vermehrung des Volumens irgend eine Veränderung erlitten hatte, so begnügte man sich damit, zu sagen, daß diese Art von Verwandlung das Resultat einer Cementirung sei; in unseren Tagen geht man weiter, man bringt ähnliche Wirkungen hervor, und beweist zu gleicher Zeit, daß die Natur Kräfte anwenden mußte, die denen, welche man anwendet, ähnlich sind. Darin besteht die Macht jener Kräfte, daß sie bei ihrem langsamen Wirken es möglich machen, eine große Menge natürlicher Produkte zu bilden, und in den Organen und Geweben der Thiere und der Pflanzen die Bildung unorganischer Zusammensetzungen zu verfolgen, die sich bisweilen in denselben absetzen, wie wir ein Beispiel an den Schalen der Gartenschnecke haben, deren äußere Hülle inwendig mit Kalkspathkyrstallen bedeckt ist, die eben so deutlich und eben so durchsichtig sind, wie die Rhomboeder des isländischen Spathes, welche eine Zierde unserer mineralogischen Sammlungen ausmachen.

Könnte man nicht vermittelst der langsamen Wirkungen einen Begriff von den Zeiten bekommen, zu *welchen einige* von jenen Katastrophen vorfielen, *welche zu wiederholtenmalen* die Oberfläche der Erd

nigfaltigen Pflanzengewebe zu erforschen, so bekommt man einen Begriff von den Dienſten, welche die Phyſik der organiſchen Chemie leiſten kann.

Mag auch die Natur der conſtituirenden Kräfte der Körper ſein, welche ſie will, ſo ſtehen ſie doch in ſo unmittelbaren Beziehungen zu der Wärme, daß ihre gegenſeitigen Wirkungen gleichzeitig ſtudirt werden müſſen.

Wohin man auch die Blicke wendet, ſo ſieht man beſtändig Erſcheinungen, die von andern Erſcheinungen abhängen; eine ſo ſtarke Verbindung findet zwiſchen allen Kräften in der Natur Statt. Das Phosphoresciren iſt ein augenſcheinlicher Beweis davon; es iſt jene Eigenſchaft, welche es ganz verdient, die Aufmerkſamkeit des Phyſikers, Chemikers und Phyſiologen zu feſſeln, und welche die meiſten Körper beſitzen, nämlich im Dunkeln, bisweilen ſogar bei Tag, durch die Wärme, das Licht, die Reibung, den Stoß, das Zuſammendrücken, die elektriſchen Entladungen, die lebhaften oder langſamen chemiſchen Wirkungen, und die Lebenskräfte, welche der Willkür bei den Thieren unterworfen ſind, die mit dieſem Vermögen ausgeſtattet ſind, leuchtend zu werden.

Der Philoſoph muß ſich auch ein beſonderes Studium aus den langſamen Wirkungen machen, welche auf der Oberfläche und in dem Inneren der Erde unaufhörlich ſtattfinden, und zu deren Hervorbringung alle Kräfte der Natur, die Wärme, das Licht, die Elektricität, die *Verwandtſchaften*, die Capillarität und

sogar die organischen Kräfte zusammen wirken. (
mals gab man sich wenig mit denselben ab,
man nicht alle Ursachen kannte, die zu ihrer Entv
lung beitragen, wenn man z. B. alte Münzen
Erz sah, welche in Kupferoxydul verwandelt wa
ohne daß ihre Gestalt außer einer Vermehrung
Volumens irgend eine Veränderung erlitten hatt
begnügte man sich damit, zu sagen, daß diese
von Verwandlung das Resultat einer Cementi
sei; in unseren Tagen geht man weiter, man br
ähnliche Wirkungen hervor, und beweist zu gle
Zeit, daß die Natur Kräfte anwenden mußte,
denen, welche man anwendet, ähnlich sind. D
besteht die Macht jener Kräfte, daß sie bei il
langsamen Wirken es möglich machen, eine g
Menge natürlicher Produkte zu bilden, und in
Organen und Geweben der Thiere und der Pfla
die Bildung unorganischer Zusammensetzungen zu
folgen, die sich bisweilen in denselben absetzen,
wir ein Beispiel an den Schalen der Gartensch
haben, deren äußere Hülle inwendig mit Kalksp
kystallen bedeckt ist, die eben so deutlich und ebe
durchsichtig sind, wie die Rhomboeder des isländi
Spathes, welche eine Zierde unserer mineralogi
Sammlungen ausmachen.

Könnte man nicht vermittelst der langsamen
kungen einen Begriff von den Zeiten bekommen
welchen einige von jenen Katastrophen vorsi
welche zu wiederholtenmalen die Oberfläche der

umkehrten? Man weiß, daß sich gewisse Felsen, unter andern verschiedene Granitfelsen, täglich zersetzen; da nun diese Wirkung von der Grundfläche des Bodens einwärts stattfindet, so darf man durchaus nicht zweifeln, daß sie von atmosphärischen Einflüssen herrühre; da man nun die Fortschritte derselben in senkrecht geschnittenen Formationen und losgerissenen Blöcken leicht verfolgen kann, so sollte es doch möglich sein, zwischen dem, was in einer bestimmten Anzahl von Jahrhunderten, und zwischen den Erscheinungen vorgefallen ist, die seit dem Anfange der Zersetzung hervorgebracht wurden, ein Verhältniß zu begründen, so daß man einen Annäherungswerth der Zahl der Jahrhunderte erhielte, die seit der letzten Wasserfluth verflossen sind.

Das Studium der langsamen Wirkungen hat eine Ausdehnung, deren ganzen Umfang man sowohl in wissenschaftlicher, als industrieller Beziehung noch nicht kennt. Die Anwendung, die man davon bei dem Ausziehen einiger Metalle aus ihren gegenseitigen Erzen, besonders des Silbers, zu machen, im Begriffe ist, wird einen Beweis davon abgeben.

Was die Kräfte anbetrifft, unter welchen die organische Natur steht, so haben diese eine ihnen eigenthümliche Wirkungsweise; doch sind sie von denen, welche die Bildung unorganischer Zusammensetzungen bedingen, nicht so unabhängig, daß diese letzteren nicht einen gewissen Einfluß auf sie ausüben können. Dadurch, daß man sorgfältig alle Erschei-

Jahre früher von Lavoisier, Laplace und Coulomb g
schah. Auf der andern Seite waren die unsterbliche
Entdeckungen Volta's, welche den physico-chemische
Wissenschaften einen so starken Impuls geben u
so innige Verhältnisse mit einer Menge natürlich
Erscheinungen begründen mußten, noch nicht gemac

Die Chemie hatte dagegen eine große Umwälzu
erlitten, welche dieselbe beinahe in den Rang d
strengen Wissenschaften versetzte und die Blicke ein
Jeden auf sich zog, der sich gern die natürlichen E
scheinungen erklären wollte; ihr Studium war sog
in jenen Zeiten der Aufregung zu einem Bedürfni
geworden, wo alles hervorzurufen war, um dem Fre
den Widerstand zu leisten, der unsere Gränzen übe
schritt; dies war hinreichend, um sie bei dem Vol
beliebt zu machen; während die Physik, deren A
wendungen nicht so unmittelbar waren, und welc
demnach den Forderungen des Augenblickes nicht en
sprechen konnte, in dem Unterrichtssysteme, das v
dem Museum angenommen wurde, nicht mit begriff
war. Jetzt haben sich die Zeiten sehr geändert u
diese Wissenschaft hat den Rang wieder eingenomme
den sie immer in der Naturphilosophie behaupte
Die Chemie ist unbestreitbar bei dem Studium d
Naturwissenschaften und insbesondere solcher, welc
sich auf die Physiologie beziehen, unerläßlich; den
diese Menge von Verarbeitungen, welche in de
Innern der organischen Körper vorkommen, könne
ohne die Mitwirkung der Verwandtschaften nicht be
vorgebracht werden; aber die Verwandtschaften sind nic
die einzigen Kräfte, welche dabei eintreten, die ph
fischen Kräfte spielen hier auch eine gewisse Roll
Es findet demnach ein beständiger Kampf zwische
den Lebenskräften, den physischen Kräften und de
Verwandtschaften Statt. Es ist daher von der höchst
Wichtigkeit, diesem Kampfe Schritt für Schritt
folgen, um die Verhältnisse bestimmen zu kön

Historische Einleitung.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über den Weg, den man in dem Studium der angewandten Physik einzuschlagen hat.

Die Anwendung der Physik auf die Chemie und auf die Naturwissenschaften war seit zwanzig Jahren der Gegenstand meiner Lieblingsstudien. Das Werk, welches ich jetzt dem Publikum übergebe, enthält die Versuche, Beobachtungen und Betrachtungen, welche ich in dem Studium der Physik aus dem angegebenen Gesichtspunkte anzustellen im Stande war. Bevor ich mich aber in die Sache selbst einlasse, glaube ich einige allgemeine Ansichten, welche von einigem Nutzen sein können, so wie einen kurzen historischen Abriß von dem Gange geben zu müssen, den diese Wissenschaft vorzüglich in ihren Beziehungen zu den Fortschritten der Wissenschaft im Allgemeinen und der Civilisirung insbesondere seit den entferntesten Zeiten bis auf unsere Tage eingeschlagen hat.

Als die Verwaltung des Museums der Naturgeschichte bei der Regierung um die Errichtung eines Lehrstuhls der Physik in ihrer Anwendung auf das Studium der Naturwissenschaften einkam, so hatte sie zum Zwecke, eine Lücke auszufüllen, welche in ihrem Unterrichtssysteme seit ihrer Reorganisirung vom Jahre 1793 sich fühlbar machte. Um diese Zeit wurde die Physik in *Frankreich wenig*, und hauptsächlich auf eine *nicht so philosophische* Weise getrieben, als dies einige

sinnreiche Apparate einzuführen, ohne welche
dem Studium der Erfahrungswissenschaften kei
schritte machen kann.

Vielleicht müssen wir auch in die Zahl de
chen, welche lange Zeit als Hindernisse auftra
es auch jetzt noch in einem gewissen Grade th
das Studium der Physik aus dem philosophisch
sichtspunkte betrachtet, unter dem Volke nicht s
verbreitet ist, den Luxus rechnen, der mit den
menten getrieben wird, die zu den Versuchen
Hörsälen dienen. Wenn ein junger Mann i
solchen Saal hineintritt und zum ersten Male
lische Instrumente sieht, deren kunstreiche Ver
gen der Genauigkeit den Rang streitig machen,
er sich selbst fragen, ob man denn nicht die
mit Erfolg treiben könne, wenn man nicht die
besitzt, um sich solche Instrumente verfertigen
zu können. Hat ein solcher Mensch nur sich sel
Führer, so ist schon dieser Gedanke allein hinr
ihn von einem Studium abwendig zu mach
welchem er, bevor er noch ein physikalisches
net sah, einen so großen Hang in sich fühlte.
er aber nur ein wenig die Werke der Philoso
Rathe zieht, welche von Galilei an bis auf
Zeiten die Naturerscheinungen studirt, analys
gründlich untersucht haben, so wird er überzeu
den, daß die wichtigsten Entdeckungen fast z
Zeit mit Apparaten gemacht wurden, die a
nächsten besten Gegenständen, die gerade in di
kamen, bestanden, und welche demjenigen im
Gebote stehen, welcher die Natur zu befrag
steht. Unter Tausenden will ich nur Folgende an

Um die Dichtheit eines Körpers zu best
brauchte Archimedes nur diesen Körper hinte
der in dem Wasser und in der Luft abzuwäg
sein Gewicht in der Luft mit dem im Wasser
gleichen.

Der achtzehnjährige Galilei entdeckte den Isochronismus der Pendelschwingungen, als er die periodische und regelmäßige Bewegung einer Lampe beobachtete, die von einem Kirchengewölbe zu Pisa, seiner Vaterstadt, herabhing.

Als Toricelli eine lange, an einem Ende verschlossene, gläserne Röhre mit Quecksilber gefüllt und sie umgekehrt in eine mit diesem Metalle angefüllte Wanne gestellt hatte, so fiel die Quecksilbersäule und blieb ungefähr 28 Zoll hoch über dem Spiegel des Metalles stehen: er schloß sogleich daraus, daß diese Säule dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hielte, was man seit kurzer Zeit erst vermuthet hatte.

Otto von Guericke aus Magdeburg verfertigte selbst eine unbehülfliche Luftpumpe, vermittelst deren es ihm gelang, die in einem Ballone eingeschlossene Menge Luft zu vermindern. Diese Pumpe, die dergestalt vervollkommnet wurde, daß sie fast alle Luft wegschafft, ist unsere Luftpumpe geworden.

Um die Identität des Blitzes mit der Elektricität darzuthun, ließ Franklin einen Drachen in die Wolken steigen.

Volta setzte das bewundernswürdigste Instrument, das die physikalischen und chemischen Wissenschaften besitzen, aus Scheiben von Silber und Zink und runden Stücken angefeuchteten Tuches, die er säulenförmig aufbaute, zusammen.

Als Hauy zufälligerweise einen Krystall von prismatisch kohlensaurem Kalke fallen ließ, so fiel ihm die Art und Weise auf, unter welcher ein Winkel brach. Diese einfache Beobachtung, deren ganze Wichtigkeit er mit einem seltenen Scharfsinne verfolgte und sich dabei nur eines Messers, eines Hammers und eines gemeinen Zirkels bediente, verschaffte ihm das Mittel, die uranfängliche Form der Krystalle, die zu derselben Art gehören, und die Gesetze zu erkennen, nach welchen sich, seiner Ansicht zufolge, das Aufeinan-

derlegen der Molekülenschichten richtet, wora
secundären Kryſtalle beſtehen.

Um an den Körpern die Linien der geri
oder größeren Elaſticität zu beſtimmen, dar
nur, wie Chladni es zuerſt, und nach ihm
mit ſo vielem Glücke that, die ſchwingenden
mit Sand beſtreuen und die ſich bildenden Kla
ren genau unterſuchen, Figuren, welche mit d
lekularbildung der Körper in Verbindung ſtehe

Will man die Phyſik auf das Studium der
erſcheinungen anwenden, ſo wird die Natur z
boratorium, und zu Werkzeugen hat man die
nigfaltigen Objekte, die in Menge auf der Er
fläche verbreitet ſind. Indem man auf dieſe
die Erforſchungsmittel vereinfacht, ſo erleichter
ſich das Studium der Phyſik, man erſpart Z
verdoppelt dadurch das Leben. Dies iſt noch
Alles; will man ſich dem Studium der allge
Naturlehre hingeben, ſo muß man ſich früh
gewöhnen, mit dem Hammer, dem Meißel, der
der Feile und dem Hobel umgehen zu können
muß bis auf einen gewiſſen Punkt hin mit den
arbeiten vertraut ſein und Begriffe von den
ſchaften haben, die in einer mehr oder wenig
mittelbaren Verbindung mit der Phyſik ſtehen.
wollen abermals Galilei als Beiſpiel anführe
ſich ſchon in ſeiner früheſten Jugend vermöge
inſtinktartigen Gefühles an Handarbeiten gew
ſchon als Kind machte er mit einer außerorden
Genauigkeit alle Maſchinen nach, die man ihm
und er gab ſeine Arbeiten nicht eher auf, a
er den Zweck, den er ſich vorgenommen hatte
wirklich erreichte.

Newton hatte gleichfalls eine beſondere G
lichkeit für mechaniſche Erfindungen und macht
als Kind alle Maſchinen nach, die er ſah. Ich
noch andere Philoſophen, und insbeſondere Fr

, welche in Handarbeiten Gewandtheit be-

man bei wissenschaftlichen Forschungen sei-
erreichen will, so muß man sich mit einem
elben Gedanken Tag und Nacht beschäftigen,
ich so zu sagen in eine Art von Monomanie
ln, die einem durchaus keine Ruhe läßt.
an auf diese Weise die Natur an, so leistet
Widerstand. Die großen Männer selbst ha-
ur durch die angestrengteste Beharrlichkeit
racht, uns so wichtige Sachen zu hinterlassen.
on gab uns ein Beispiel von dieser unerläß-
thwendigkeit einer ununterbrochenen Ausdauer
idung der Aufmerksamkeit, um die Macht des
u enthüllen.

fragte ihn einmal, wie er denn zu seinen
nswürdigen Entdeckungen gelangt sei; er
e ganz einfach: dadurch, daß ich immer
achte. „Ich habe, fuhr er fort, den Ge-
meiner Forschung immer vor Augen, und
bis der erste Schimmer langsam hervorzu-
anfängt, bis er sich in eine vollständige und
e Helle verwandelt."

, der sich seines Verstandes und der Geschick-
einer Hände bedienen will, kann es nach der
eses Verstandes und dem Grade dieser Ge-
eit dahin bringen, mehr oder weniger nütz-
eiten zu hinterlassen, wofür ihm sein Vater-
mal Dank wissen wird.

dem Vortrage der Werke muß eine große
eit vorherrschen; denn die Geschichte lehrt
ß sich die wissenschaftliche Laufbahn eines
oft auf einige allgemeine Thatsachen redu-
e ausführlicheren Werke, welche man verfaßt,
r Entdeckung dieser Thatsachen zu gelangen,
rlyfiren, zu beschreiben, können mit jenen
erglichen werden, die bei Aufführung eines

Gebäudes errichtet werden, und die man einre
wenn das Gebäude fertig ist. Demungeachtet hat
diese ausführlicheren Werke in wissenschaftlichen Sam
lungen einen ehrenvollen Platz, wo man sie nöt
genfalls zu Rathe zieht, um die angewandte Meth
zu studiren. Daraus geht hervor, daß sich das wiss
schaftliche Leben eines Mannes fast immer in ein
Sätze zusammenfassen läßt. Diese Sätze enthal
aber ewige Wahrheiten, und sind unvergängli
Denkmäler für den Geist, der sie entdeckte, und d
nen für diejenigen zu Absteckpfählen, welche das G
biet der Naturphilosophie erweitern wollen. So
Kepler durch seine drei berühmten Gesetze,
Frucht einer zwanzigjährigen Arbeit, bekannt; di
Gesetze machten ihn unsterblich und dienten Newt
zum Ausgangspunkte, um die Gesetze der Gravitati
aufzufinden, deren Wirkung sich über das ganze We
all erstreckt; so strahlt Newton selbst in großem Glan
weil er die Zusammensetzung des Lichtes, und
davon abhängenden Gesetze auffand; so erwarb
Oersted einen großen Ruf, weil er die revoluti
Wirkung entdeckte, die ein elektrischer Strom auf
Magnetnadel ausübt, und so machte sich Mal
durch die Entdeckung der Polarisation des Licht
vermittelst der Reflexion berühmt.

Um so wichtige Resultate zu erhalten, welche n
wenigen Worten angegeben werden können, muß m
oft die Versuche in's Unendliche vervielfältigen, u
eine Menge von einzelnen Umständen in Erwägu
ziehen, welche in dem gewöhnlichen Leben gar ni
in Anschlag gebracht werden.

Die Philosophen, welche sich aus Neigung u
Leidenschaft dem Studium der Erfahrungswissenschaft
widmeten, dürfen sich jedoch nicht darauf beschränke
einzelne Thatsachen zu erforschen, weil sie endlich
mit die Wissenschaft verschütten, und sich mitten u

müssen sie ihr Augenmerk vorzüglich darauf richten, allgemeine Gesetze aufzufinden, mit deren Hülfe sie alle umfassen können. Das Auffinden dieser Gesetze muß also das unausgesetzte Ziel ihrer Bestrebungen sein.

Die Theorien dienen zwar wohl dazu, die Thatsachen zu gruppiren, um das Studium derselben zu erleichtern und die gegenseitigen Beziehungen zwischen ihnen aufzufinden; man darf ihnen aber nur in so weit Wichtigkeit beilegen, als sie zu neuen Entdeckungen führen. Die Theorien, welche in den Händen derjenigen, die sie anzuwenden suchen, unfruchtbar und zu Erklärung neuer Thatsachen anzureichend sind, müssen durch andere ersetzt werden, welche den Bedürfnissen der Wissenschaft angemessener sind. Uebrigens gilt eine schöne Reihe von Thatsachen, die unter sich gehörig mit einander verbunden sind, weit mehr als eine schlechte Theorie, denn die Erfahrung hat seit langer Zeit bewiesen, daß im Allgemeinen die Theorien vergehen und die Thatsachen bleiben.

Wir wollen jetzt sehen, aus welchem Gesichtspunkte man die Physik in ihrer Anwendung auf die Chemie und die Naturwissenschaften betrachten müsse.

Die Naturlehre umfaßt in ihrer allgemeinsten Ansicht Alles, was die in die Sinne fallenden Eigenschaften der Körper betrifft, und das Studium der Naturerscheinungen, sowie die Gesetze nach welchen sie erfolgen.

Die bis jetzt über diese Wissenschaft herausgekommenen Abhandlungen enthalten zwar wohl die Prinzipien, welche wir in dieser Hinsicht besitzen; sie sagen aber äußerst wenig von dem Einflusse, den in einer großen Anzahl von Fällen die Molekularattraktion, die Wärme, das Licht und die Elektricität auf die allgemeinen Eigenschaften der Körper, wenn ihre Molekülen neue *Zusammensetzungen* bilden, wenn *diese Körper roh oder unorganisch* sind, oder auf ihre *Verrichtungen, wenn sie organisch* sind, ausüben.

Neue Entwicklungen werden meine Ansicht verständlicher machen.

Die Kräfte, denen die organischen Körper unterworfen sind, sind in Beziehung auf die Pflanzen die physischen Kräfte, die Verwandtschaften nebst der Lebenskraft, der Grundlage der physiologischen Erscheinungen, und welche mit dem Leben aufhört; in Beziehung auf die Thiere sind es eben diese drei Kräfte nebst der intellectuellen Kraft. Was die rohen oder unorganischen Körper anbetrifft, so besitzen sie nur die beiden ersten. Bei den organischen Körpern findet ein beständiger Kampf zwischen der Lebenskraft und den physischen Kräften Statt, während er bei den unorganischen Körpern nur zwischen den letzteren stattfindet.

Wenn man demzufolge eine Thatsache beobachten und studiren will, so muß man damit anfangen, sich zu versichern, ob sie von der Wirkung dieser vereinigten Kräfte, von einer oder von mehreren unter ihnen herrühre, und sodann den Antheil einer jeden von ihnen bei ihrer Erzeugung erforschen.

Was dem Physischen und Chemischen in den Lebenserscheinungen angehöre, das zu erforschen, ist ein Studium von der höchsten Wichtigkeit, das auch seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der geschicktesten Physiologen auf sich gezogen hat; wahrscheinlich ist es aber, daß ihre Forschungen weit fruchtbarer gewesen wären, wenn sie hinlängliche Kenntnisse in der Physik besessen hätten, welche sie in einer derartigen Arbeit geleitet haben würden, die mit den größten Schwierigkeiten überfäet ist. Begreiflich kann man sich sehr leicht verirren, besonders wenn man mit schon vorgefaßten Meinungen über die Ursache der Erscheinungen an's Werk geht. Wer einen zu hohen Werth den physischen oder chemischen Kräften beilegt, *erblickt in dem* Leben nur Resultate der Attraktion *oder der Verwandtschaften.* So hat Tournefort das

Wachsthum der Pflanzen mit dem der Mineralien verglichen, und Malebranche die Organisation der Thiere der Einrichtung der Maschinen gleich gestellt. Auf der andern Seite wollten einige Physiologen nur besondere Kräfte sui generis erblicken und erblicken sie auch jetzt noch, bei welchen die physischen oder chemischen Kräfte durchaus keine Rolle spielen. Die Wahrheit liegt wahrscheinlich zwischen diesen bei den Extremen; daher ist es auch unerläßlich bei den Lebenserscheinungen den Theil der physischen und chemischen Kräfte und den, welcher von den Lebenskräften herrührt, zu erforschen. Einige Beispiele werden mich deutlicher machen.

Bei der Verdauung hat die chemische Einwirkung den größten Antheil an ihrer Verrichtung; nimmt man die Lebenskraft hinweg, so zeigt sich gar keine Erscheinung mehr.

Bei dem Kreisumlaufe des Blutes liegt eine mächtige mechanische Kraft in dem Herzen, welche das Blut in die Gefäße forttreibt. Welches ist der Ausgangspunkt dieser mechanischen Kraft, welches ist die Ursache derselben? Sie ist ein Lebensimpuls, sie ist ein nervöser Einfluß, zwei Wirkungen, die nur eine einzige ausmachen. So wie man die nervösen Mittelpunkte, die zum Gehirne und Rückenmarke gehören oder die nervenknotigen zerstört, so hört das Herz auf zu schlagen und das Blut gelangt nicht mehr in die Pulsadern; in diesem Falle findet also, wie in dem vorhergehenden und in tausend anderen, eine uranfängliche Lebensthätigkeit Statt, welche eine physische oder mechanische Wirkung zur Folge hat. Ist einmal die mechanische oder chemische Wirkung durch den Einfluß der Lebenskraft hervorgebracht, so verhält sich diese Wirkung nicht wie bei den unorganischen Körpern, weil der Lebenseinfluß, der sie hervorbrachte, *sie beherrscht*, modifizirt und sich in gewissen Fällen ihrem Kundgeben widersetzt, während

er in anderen Fällen dasselbe begünstigt und beschleunigt.

Die Rolle des Physikers muß sich in diesem Falle darauf beschränken, das einfachste und genaueste Verfahren anzugeben, wodurch man in den Stand gesetzt wird, an den Erscheinungen das Dasein und den Einfluß der physischen Kräfte, sowie die Modifikationen zu beobachten, welche sie von Seiten der Lebenskräfte erleiden.

Auf der andern Seite entwickelt sich die Reizbarkeit, diese Eigenschaft des Lebens, welche die Muskeln der Thiere besitzen, wie man weiß, vermittelst physischer oder chemischer Agentien oder durch einen Akt des Willens. Der Physiker muß sich dies zu einem gründlichen Studium machen, um die Gränzlinie genau zu bestimmen, welche zwischen den Wirkungen, die von den physischen Kräften herrühren und denen besteht, welche von dem Willen abhängig sind.

Wenn man die Reizbarkeit bei den Pflanzen betrachtet, jene Eigenschaft, vermöge welcher der Saft kräftig in die Stengel und in die lebenden Blätter aufsteigt, welche die Kohlensäure unter der Mitwirkung des Lichtes zersetzt, so muß man erforschen, wie sie durch die imponderablen Agentien, wie z. B. die Wärme, das Licht, und besonders die Elektricität, welche sehr wahrscheinlich bei den Lebenserscheinungen eine Hauptrolle spielt, ohne daß wir den Antheil, den sie dabei hat, bestimmen können, modifizirt wird.

Der Physiker muß sodann untersuchen, welchen Einfluß die Capillarattraktion und die Endosmose auf die Erscheinungen des Einsaugens haben, welches die physischen und chemischen Ursachen seien, welche diese Erscheinungen beschleunigen, aufhalten oder ganz vernichten.

Das Keimen muß auch seine Aufmerksamkeit in *der Hinsicht fesseln*, welche den Einfluß betrifft, den *die elektro-chemischen* Strömungen auf dasselbe aus-

üben, deren Wirkungsweise immer etwas äußerst Befremdendes mit sich führt.

Die Forschungen in Beziehung auf die Bestimmung der Temperatur der inneren Theile des menschlichen und thierischen Körpers, ohne irgend eine wahrnehmbare Verletzung zu veranlassen, sowie die, welche die Phosphorescenz betreffen, welche mehrere von diesen Körpern unter gewissen Umständen wahrnehmen lassen, gehören gleichfalls in das Gebiet der angewandten Physik.

In der unorganischen Natur, d. h. bei der rohen Materie, zu welcher die Mineralien gehören, sind die Anwendungen der Physik weit ausgedehnter und auch leichter zu studiren, weil die Lebensthätigkeit nicht mehr da ist, um die physischen Kräfte zu beherrschen.

Ein Mineral besteht aus Theilen, welche durch Kräfte mit einander verbunden sind, deren Natur man erforschen muß. Um die Verbindungsweise dieser Theile oder Moleküle zu studiren, muß man nach einander die Krystallographie, die Optik, die Akustik und sogar die Phosphorescenz zu Hülfe nehmen. Aus diesem Grunde wird die Phosphorescenz äußerst entwickelt vorgetragen werden müssen; eben so wird es sich mit der Elektrochemie verhalten, jener Wissenschaft, welche seit vierzig Jahren so reißende Fortschritte gemacht hat, und deren Principien es möglich machen, die langsamen Wirkungen zu studiren, eine schöne Anzahl mineralischer Substanzen zu bilden, die nachtheilige Veränderung gewisser Felsen zu erklären und eine große Menge von Mischungen hervorzubringen, welche sich der Chemiker nicht immer verschaffen kann.

In der angewandten Physik muß man auch die allgemeinen Principien der Geologie vortragen und mit derselben die Klimatologie verbinden, welche wegen des Einflusses, den die äußeren Agentien auf alle auf der Erdoberfläche befindlichen Körper ausüben, alle Zweige der Naturgeschichte in einem hohen Grade

intereſſiren muß. Dies iſt der Plan des Werke
das ich dem Publikum übergebe. Bevor ich mich ab
in die Sache ſelbſt einlaſſe, will ich den Gang, we
chen die allgemeine Naturlehre von den entfernteſte
Zeiten an bis auf unſere Tage eingeſchlagen ha
und den Einfluß angeben, den er auf die Fortſchrit
der Civiliſation ausgeübt hat.

Zweites Kapitel.

Von der allgemeinen Naturlehre in ihren Beziehungen zu den ande
Wiſſenſchaften und zu der Civiliſation ſeit den früheſten Zeiten
bis zum 15. Jahrhundert.

Nie haben die materiellen Intereſſen größere A
ſprüche an die Wiſſenſchaften gemacht als in der gege
wärtigen Zeit; es möchte ſcheinen, daß die Wahrheite
welche jeden Tag in unſern Laboratorien mit Mü
zu Tage gefördert werden, keine andere Beſtimmu
haben, als die Mägde der Künſte und Gewerbe zu ſei
Der Philoſoph widerſteht kaum in ſeiner Zurückg
zogenheit der ſchnellen Bewegung, welche heutzuta
alle Intelligenzen in dieſer Richtung mit ſich fortreiß

Man darf nur den Gang, welchen die Wiſſe
ſchaften ſeit den entfernteſten Zeiten bis auf unſe
Tage eingeſchlagen haben, verfolgen, um von ihr
ächten Beſtimmung durchdrungen zu ſein, und einz
ſehen, wie ſie in Verbindung mit der Moral, Lit
ratur und den Künſten zu den Fortſchritten der Civi
ſation beigetragen haben.

Wenn die Moral, welche göttlichen Urſprun
iſt, das Betragen des Menſchen gegen ſich ſelbſt, d
des Menſchen gegen den Menſchen, einer Nation g
gen die andere Nation regelt; wenn die Literat
die Sprache bildet, den Verſtand entwickelt u
einen mächtigen Einfluß dadurch auf die Moralit
ausübt, daß ſie dem Geiſte unaufhörlich edle Be

spiele vorhält; wenn die schönen Künste die Sitten mildern und das Andenken an heroische Handlungen und an die Dienste verewigen, die dem Vaterlande erwiesen wurden, so haben die physischen Wissenschaften besonders zum Zwecke, den Menschen in die Geheimnisse der Natur durch die Enthüllung ihrer Gesetze einzuweihen, den Kreis seiner Ideen zu erweitern und der praktischen Anwendung der Künste zuverlässige Principien zu verschaffen, welche die Industrie aufklären. Aus Mangel an historischen Dokumenten kann man die progressiven Entwicklungen derselben nicht verfolgen; so sehr hüllen die ersten Alter der Welt die Erfindung der Dinge in ihr Dunkel; man kann jedoch so viel sagen, daß die Noth die Elemente der Wissenschaften und der Künste, welche abwechlungsweise bei einer kleinen Anzahl civilisirter Nationen geglänzt haben, entdecken ließ. Man sah auch wirklich wie sie entstanden, sich entwickelten und sodann erloschen, um in andern Ländern wieder zum Vorscheine zu kommen, und daselbst die nämlichen Revolutionen zu erleiden, bis ihr Einfluß endlich mächtig genug geworden ist, um die Rückkehr in die Barbarei so zu sagen unmöglich zu machen. Wir wissen ferner, daß die Astronomie seit der Gründung der großen Reiche bestand; daher dienen auch die Beobachtungen, welche von Zeitalter zu Zeitalter auf uns fortgepflanzt wurden, heutzutage zu Archiven, aus welchen man Dokumente holt, um gewisse historische Epochen zu bestimmen, die Leere auszufüllen, welche schwankende Traditionen zwischen sich lassen und die Begebenheiten in eine Kette zu verbinden. In dieser Beziehung hat man mit Recht gesagt, daß der Himmel dazu diene, die Erde aufzuklären. Ohne uns in eine genaue Erörterung über alles das einzulassen, was die fortschreitende Bewegung der Wissenschaften anbetrifft, führen wir bloß an, daß 2500 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung Babylon keine Künste und

keine Vertheidigung hatte, und daß die Chaldäer, welche sich desselben bemächtigten, die Elemente der Wissenschaften und der Künste dahin brachten, welche daselbst in einem Collegium von Priesterphilosophen getrieben wurden und sich auch mit einem gewissen Glanze bis zu der Eroberung des persischen Reiches durch Alexander daselbst erhielten. Obgleich wir in dieser Beziehung nur schwankende Traditionen besitzen, so gestatten die Größe und die Pracht Babylons nach dem Berichte der Alten durchaus keinen Zweifel an dem vorangerückten Zustande der Künste in diesen entfernten Zeiten. Von Chaldäa oder vielleicht von Indien wanderten die Wissenschaften nach Aegypten, welches nur durch das Treiben der Künste und die Anwendung der Physik und der Chemie, welche noch nicht als Wissenschaften existirten, einen hohen Grad von Civilisation erlangten.

Der Philosoph, welcher dieses Land bereist, um daselbst Spuren dieser alten Civilisation aufzusuchen, findet dasselbe auch wirklich voll von großen Monumenten, deren zerstreute Trümmer ihm überall die Anwendung der Bildhauerei, der Malerei, der Schmelzarbeiten, der Gläser und der edeln Metalle in einem Grade der Vollkommenheit zeigen, welcher jetzt noch die Bewunderung der Archäologen, der Gelehrten und der Künstler erregt. Wenn er seinen forschenden Gang fortsetzt und jene Riesentrümmer sogar in ihren Grundlagen befragt, so findet er daselbst vorzüglich zu Theben, das vor ungefähr 4000 Jahren zerstört wurde, die Ueberreste einer früheren Bauart, welche schon eine vorangeschrittene Civilisation verrathen; er fragt sich aber vergebens, auf welche Zeit man zurückgehen müßte, um die ersten Anfangsgründe derselben zu erfassen, denn überall findet er nur Dunkel. So verhält es sich aber durchaus nicht, wenn er seine Blicke *auf die astronomischen* Alterthümer richtet, welche der *Gegenstand gründlicher* Studien von Seiten Fourier's

und später Biot's waren; sie zeigen ihm wirklich, daß man die Einführung der ägyptischen Sphäre in das 25. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung versetzen könne, und daß in dem julianischen Jahre, 3285 Jahre vor eben dieser Zeitrechnung, die Aegyptier bereits den ächten Frühlingsäquinoctialpunkt und den des Herbstsolstitiums bestimmt hatten.

Auf einer andern Seite sagen uns die Schriften der Alten, daß sich die Aegyptier unter ihren Königen mit einem großen Scharfsinne dem Studium der Natur widmeten und eine große Geschicklichkeit in dem Betriebe der Künste verriethen. Ihre Philosophen legten sich gewöhnlich auf alles, was nützlich war, und ließen das Glück in dem Studium des Menschen und der Natur bestehen. Dies ist der Gesichtspunkt, aus welchem man die Wissenschaften ins Auge fassen muß, wenn man sie ihre edle Bestimmung erfüllen lassen will.

Um ihnen einen heiligen Charakter zu verleihen, wurden die unterrichteten und aufgeklärten Männer zum Priesterstande gezogen, welcher in seiner Verbindung mit der Religion und der Verwaltung der Gerechtigkeit und der Unterweisung in den Wissenschaften und in den Künsten die erforderliche moralische Kraft besaß, um despotisch regieren zu können. Daher bewahrten auch die Priester auf eine geheimnißvolle Weise den Schatz der menschlichen Kenntnisse, welche ihnen allein die ausschließliche Herrschaft über die Völker versichern konnten; eine Lage der Dinge, welche sich augenscheinlich ihrer Entwicklung entgegenstellte.

Die Kunst, die Metalle zu behandeln und verschiedene nützliche Geräthschaften zu verfertigen, sowie die Kunst, die Edelsteine zu schleifen und sie zu schneiden, wurde in Aegypten sehr weit getrieben; man verfertigte daselbst Gewebe aus Flachs und Wolle, welche *eine merkwürdige* Feinheit besaßen und die

glänzendsten und mannigfaltigsten Farben zeigten Bildhauerkunst und Malerei zierten die Gebäude Wie viele Versuche, wie viele Erfahrungen muß man nicht machen, um einen so hohen Grad v Civilisation zu erreichen?

Dieses Volk war in der Mechanik ebenso geschi wie dies die Riesendenkmäler beweisen, die es sein Göttern und seinen Königen erbaute; sie kannten übe dies auch die Hydraulik; die Ueberschwemmungen d Nils schrieben es ihnen vor, sich damit abzugeb um die Wohlthaten derselben weithin zu verbreit Alles beweist demnach, daß die Wissenschaften u die Künste bereits einen gewissen Grad von Vollko menheit in Aegypten, sehr lange vor der christlich Zeitrechnung, erreicht hatten. In diesem Lande m man also, wenn man sich auf noch vorhandene Den mäler stützen will, die ersten Elemente der Wisse schaften studiren. Auch zu ihren historischen Tra tionen nimmt man seine Zuflucht, wenn man irge einen Begriff über die ersten theoretischen Ansich in Beziehung auf die chemischen Veränderungen, wel die Körper erleiden, erhalten will, Ansichten, wel von den griechischen Philosophen mehr oder weni modifizirt wurden.

Obschon die Aegyptier eine große Menge von Th sachen kannten, welche sich auf die allgemeine Nat lehre beziehen, so war doch diese Wissenschaft n nicht vorhanden, denn sie hatten nicht daran geda alle zerstreuten Kenntnisse zu sammeln und sie met disch zu ordnen, wodurch es möglich wird, sie a einander abzuleiten; sie hatten nur schwankende, m poetische, als philosophische Begriffe von den Ur chen der Erscheinungen. Die Völker von Niederäg ten z. B., welche daran gewöhnt waren, ihren f digen Boden durch die Ueberschwemmungen des N *fruchtbar gemacht* zu sehen, mußten auf den Gedo *ken kommen, daß das* Wasser, welches unter versch

nen Modifikationen mannigfaltigen Stoffen das Ent-
hen gab, für ein Element gehalten werden müsse.
iese Lehre diente der ersten griechischen Schule zur
rundlage, und war der Ausgangspunkt für mehr
er weniger irrige Systeme.

Bei einer so vorangerückten Civilisation war es
nz natürlich, daß man von allen Seiten herbeikam,
n sich zu belehren; daher holten auch alle berühm-
n Männer des Alterthums, welche einen großen
influß auf ihr Zeitalter ausübten, Kenntnisse, welche
rch das Mittelalter hindurch bis zu uns gelangt
nd. Die Griechen gehörten nach Herodots Bericht
r Zahl derselben; sie entlehnten außerordentlich viel
on den Aegyptiern, welche keine von ihren Institutio-
n annahmen. Während sie in der guten Schule
höpften, behielten sie nicht alle Principien derselben
ei, so sehr entfernte sie der Streitgeist von der posi-
ven Philosophie, welche an den Ufern des Nils in
nsehen stand.

Thales, welcher 640 v. Chr. zu Milet geboren
ar, brachte zuerst aus Aegypten in sein Vaterland
e Kenntnisse, welche in den Priesterschulen gelehrt
urden. Er glaubte, daß die Erde eine sphärische
estalt besitze, und sich in dem Mittelpunkte der Welt
efinde; er kannte den kleinen Bären, konnte Finster-
isse vorhersagen; er wußte, daß der Mond nur von
em Lichte erhellt sei, welches er von der Sonne er-
ält u. s. w.

Er eröffnete eine Schule zu Milet, um daselbst
ffentlich die Geometrie, die Astronomie und seine
eue Lehre vorzutragen. Der Impuls, welchen Tha-
es gab, verbreitete sich über ganz Griechenland. Den
hilosophen stand, um zu der Wahrheit zu gelangen,
ie Wahl zwischen der Methode durch Erfahrung und
er Methode a priori frei. Unglücklicherweise zogen sie
iese letztere vor, welche 2000 Jahre lang in der
Wissenschaft herrschte und die Entwicklung der Civi-

lisation dadurch verzögerte, daß sie dieselbe lang
der mächtigen Stütze beraubte, welche ihr in u
Tagen die großen wissenschaftlichen Entdeckunge
währen, worauf die letzten Jahrhunderte stolz
Man sah jedoch von Zeit zu Zeit, wie höhere
ster es versuchten, das Joch der Schulen abzu
teln; sie fanden aber keine Nachfolger. Lasse
übrigens die Geschichte sprechen: Anaximander
die Griechen zuerst, Landkarten zu zeichnen und
nenuhren zu verfertigen. Anaxagoras eröffnet
Schule zu Athen, in welcher er lehrte, daß di
terie von Ewigkeit her da sei, daß sie verschie
tige Elementartheile enthalte; daß die ähn
Theile durch ihre Annäherung verschiedene K
hervorbringen können, daß der Regenbogen, du
Brechung der Sonnenstrahlen entstehe u. s. w.

Thales hatte das Wasser als allgemeines P
angenommen, Pherecides wählte die Erde, Herak
Feuer und Anaximenes die Luft. Andere Philo
nahmen nach der Reihe mehrere von diesen El
ten an; hierin lag ein Fortschritt, denn die
mußte ihnen jeden Tag zeigen, daß sie nicht
über ein einziges Element bei Bildung der K
verfüge.

Die italienische Sekte, welche den Pytha
zum Oberhaupte hatte, der im Jahre 534 v.
geboren wurde, gab den Studien dadurch eine a
Richtung, daß er die Erfahrungsmethode anw
Ihr Gründer, dem die Physik wichtige Entdeckunge
dankt, ließ sich, wie Thales, in die Geheimnisse A
tens einweihen, um die wissenschaftlichen Kenn
dieses Landes in sein Vaterland zu verpflanzen.
Irrthümer über die Ursachen der großen Nature
nungen abgerechnet, hatten Pythagoras und
Schüler sehr richtige Ansichten von der allge
Anordnung der verschiedenen Theile des So
stems und von der Stelle, welche die Erde

Systeme einnehmen müsse. Sie lehrten auch
ich, daß sich die Erde drehe, daß die Kometen
olsche Umlaufszeiten haben, und daß die Sterne
so viele Sonnen seien, um welche andere Sterne
tiren. Man findet hier also, in der Kindheit der
nschaft, Wahrheiten, welche bis auf Galilei
'annt geblieben sind, oder angefochten wurden.
ie Versuche des Pythagoras über die Schwin-
en der Körper sind äußerst interessant. Als er
Tages vor der Werkstätte eines Schmiedes
:iging, so hörte er mannigfaltige Consonanzen,
e Hämmer hervorbrachten, mit denen man auf
Ambos schlug. Bei genauer Untersuchung dieser
einung fand er bald, daß die Mannigfaltigkeit der
von dem verschiedenen Gewichte der Hämmer
bre. Bei jedem Andern hätte diese Beobachtung
Resultat zur Folge gehabt, bei Pythagoras war
er Keim eines wichtigen Versuches. Er spannte
en von gleicher Dicke und von gleicher Länge
und hing verschiedene Gewichte an das Ende
jeden derselben. Nach einigen Versuchen gelang
hm, indem er diese Saiten zum Schwingen
te, die Verhältnisse der Töne in Zahlen auszu-
en. Er erwies überdies noch der Philosophie
ch einen wichtigen Dienst, daß er die Neigung
Mathematik, die er selbst mit Erfolg trieb, au-
dentlich verbreitete.
ie Grundsätze des Pythagoras und seiner Schü-
welche sie in der sicilischen Schule trotz der vo-
en Unruhen, denen diese Insel preis gegeben
zu erhalten suchten, wurden bald von den grie-
en Philosophen vergessen, welche sich daran ge-
t hatten, alle Erscheinungen auf Theorien zu
en, die sie sich selbst gemacht hatten, und die That-
nur in so weit zu erörtern, als sie zu Unter-
ng eben *dieser Theorien* dienen konnten, und
h überdies noch einbildeten, daß es möglich

sei, alle Geheimnisse der Natur, sogar die Sachen zu durchdringen, welche der Beobachtung entgehen. Bei einer solchen geistigen Stimmung konnten keine Hindernisse sie aufhalten. Sie häuften Vorurtheile auf Vorurtheile und begnügten sich mit schwankenden Begriffen, die sich auf Systeme gründeten, welche von den Völkern mit Begierde aufgenommen worden waren. Der Systemgeist war also der vorherrschende Geist, daher erfand auch jeder Philosoph ein eigenes System, um die Natur nach seiner Weise zu erklären.

Aristorenes trug die Lehre von der Harmonie vor, vermittelst welcher er beweisen wollte, daß Denken und Empfinden nur Modifikationen der Materie seien.

Leucipp und Demokrit erfanden die Lehre von den Atomen, welche später von Epikur in Schutz genommen wurde, und welche heutzutage in der Wissenschaft herrscht. Nach diesen Philosophen machten der leere Raum und die Materie einzig und allein das Universum aus, und waren ewig, weil Nichts aus dem Nichts entspringt, und Nichts zu Nichts werden kann. Alle Körper bestanden aus Atomen, die in Beziehung auf ihre Dimension unermeßliche Zwischenräume zwischen sich ließen, und welche nach der Zerstörung der Körper sogleich frei wurden. Diese Atome, welche vollkommen hart waren, hatten mannigfaltige, viereckige, hakenförmige oder andere Gestalten; sie waren immer in Bewegung, stürzten sich in den leeren Raum, flohen sich, hingen sich aneinander und vereinigten sich, um Körper zu bilden, welche selbst wieder durch das Zusammentreffen mit anderen Atomen zerlegt wurden.

Leucipp ist derjenige unter allen griechschen Philosophen, welcher die richtigsten Ansichten über die Theorie der Atome gegeben hat, indem er lehrte, daß sich ihre Gestalt mit der Natur der Körper verschieden

sei, daß durch die Veränderung ihrer Ordnung und ihrer Anlage verschiedene Körper entständen. Aus diesem Gesichtspunkte betrachten wir auch heutzutage die Isomerie.

Begreiflich mußten so verschiedene Ansichten, die sich überdies durchaus nicht auf die Erfahrung stützten, zu lebhaften Streitigkeiten Veranlassung geben; daher sah man auch, wie sich alle Schulen Griechenlands über die Natur der Zeit, des Raumes, der Materie herumstritten.

Nach diesen Philosophen erschien Plato, der gegen das Jahr 434 v. Chr. auf die Welt kam. Schon Philosoph in einem Alter von 20 Jahren, nachdem er Sokrates gehört hatte, erkannte er als allgemeine Ursache, ein höchstes Wesen an. Er nahm die vier Elemente zur Grundlage für alle Körper an, er hat sich aber mehr durch seine philosophischen Ansichten, als durch seine Arbeiten in der Physik berühmt gemacht.

Auf diese verschiedenen Systeme folgte das des Aristoteles, welcher, als ein ausgezeichnet höherer Geist, damit anfing, die Natur zu studiren, um sie zu erklären; da er aber, wie alle griechische Philosophen, von dem Systemgeiste beherrscht war, so huldigte er seinem Zeitalter, indem er seine Lehren auf geheime Ursachen gründete, Lehren, denen man in den Schulen 2000 Jahre lang folgte, welche aber seit Baco und Galilei verschwanden, um nie wiederzukehren. Dem Aristoteles, welcher zu Stagyra in Macedonien 384 v. Chr. geboren wurde, wurde die Erziehung des Alexanders 8 Jahre lang anvertraut; er begab sich dann nach Athen, als dieser Eroberer nach Asien absegelte; stand aber in einem ununterbrochenen Briefwechsel mit seinem Zöglinge, der bei ihm einen Hang für die Wissenschaft gewonnen hatte, und in welchem der Wunsch rege wurde, zu ihren Fortschritten beizutragen; daher beeilte er sich auch, dem Aristo-

teles die Mittel zum Studiren zu verschaffen, welche er in den Ländern fand, die er als Sieger durchzog. Tausende von Jägern und Fischern wurden von ihm beauftragt, die Thiere und andere Gegenstände zu sammeln, welche seinem Lehrer zum Studium der Naturgeschichte dienlich sein konnten. Wir wollen auch noch beifügen, daß Aristoteles einen glühenden Hang für das Studiren hatte, daß er von dem Wunsche beseelt war, allgemeine Kenntnisse zu erlangen, einem Wunsche, welcher durch die ausgezeichneten Eigenschaften, die er von der Natur erhalten hatte, und durch die wichtigen Mittel zur Belehrung, welche er von Alexander erhielt, gerechtfertigt wurde. Daher machte er auch seinen Namen dadurch unsterblich, daß er die zerstreuten menschlichen Kenntnisse ordnete, und sie, nach den Regeln der Logik in ein wissenschaftliches System brachte. Thales hatte den nämlichen Gedanken gehabt, es fehlten ihm aber die nothwendigen Mittel, um diesen großen Plan auszuführen.

Die Physik des Aristoteles steht dem ungeachtet weit unter seiner Naturgeschichte; es konnte auch zu einer Zeit nicht wohl anders sein, wo sich die Philosophen mehr damit beschäftigen, die Natur nach ihrer Weise zu gestalten, als die Erscheinungen zu beschreiben, um Thatsachen daraus zu sammeln, welche auf Gesetze leiten. Indessen legte er doch den Grund zu der Meteorologie, und machte auf's Neue auf die Nothwendigkeit aufmerksam, das Studium der Mathematik mit dem der Physik zu verbinden. Indessen umfaßte Aristoteles, den man mit Recht als den Schöpfer der Naturgeschichte ansieht, zu viele Gegenstände auf einmal, um sich eine deutliche Vorstellung von jedem derselben machen zu können. Er beging überdies den wichtigen Fehler, allgemeine Principien aufzustellen, um sie auf besondere Fälle anzuwenden, eine verderbliche Methode für die Erforschung der

Wahrheit in den Wissenschaften überhaupt. Wie dem nun auch sei, so mußte sein philosophisches System, das sich auf die Vernunft gründete, einen unermeßlichen Erfolg haben. Man sah, wie es abwechslungsweise von den christlichen Sekten angenommen und wieder aufgegeben wurde, und wie es bei den Arabern wieder in Aufnahme kam, welche dasselbe im Mittelalter in Europa einführten.

Ohne mich in eine Prüfung der Principien einzulassen, auf welchen sein System beruht, will ich bloß anführen, daß Aristoteles das Weltall als eine ungeheure Maschine ansah, welche aus Rädern besteht, die sich von selbst bewegen, und in einander greifen und Wirkungen hervorbrachten, die von der Natur der Stoffe, woraus sie bestanden, abhängig waren. Trotz den so abgeschmackten Grundlagen, die ihn zu keinem vernünftigen Systeme über die natürlichen Erscheinungen leiten konnten, hat er uns doch Ansichten hinterlassen, welche beweisen, daß er sich wirklich mit Versuchen beschäftigt hat. Man findet in der That in seinen Werken ausführliche Angaben über die verschiedene Leitungsfähungsfähigkeit der Körper für die Wärme. Er spricht in denselben von der Schwere der Luft, von der kreisförmigen Gestalt des Bildes, das die Sonnenstrahlen machen, welche durch eine kreisförmige Oeffnung eindringen, und das er erklärt; von der Abkühlung, welche ein heiterer Himmel hervorbringt, von der Bildung des Thaues, welcher eine Folge derselben ist; sodann von der Gestalt der Erde, die er aus dem runden Schatten ableitet, den unser Erdball auf den Mond, bei den Verfinsterungen dieses Gestirnes wirft. Demungeachtet hat er sich in der Physik mit schwankenden Begriffen, mit unvollständigen und oft fehlerhaften Beobachtungen begnügt; die ihn nicht auf die Entdeckung der wahren Gesetze der *Natur leiten* konnten. Wir müssen *überdies noch bemerken*, daß er durch Annahme ge-

mer Ursachen, um Erscheinungen zu erklären, die
nicht erklären konnte, dem Gange des mensch-
chen Geistes in seinen Forschungen durch Versuche
effeln anlegte. Nach ihm hingen die Eindrücke, welche
ußere Gegenstände auf uns machen, von Ursachen
ab, vermöge deren sie das waren, was sie sein muß-
ten; von so geheimen Ursachen, daß es ganz vergeb-
liche Mühe war, sie zu erforschen, weil man es nie
dahin bringen könne, sie zu entdecken.

A priori behaupten, daß eine Sache nicht aufzu-
finden sei, heißt urtheilen ohne Prüfung. Allerdings
gibt es Schranken, welche der menschliche Geist nicht
überschreiten kann; dies muß uns aber die Erfahrung
allein zeigen und nicht Theorien, denen die Zei
immer ihr Recht widerfahren läßt, wenn sie nicht au
die Vernunft gegründet sind. Die Werke des Aristo
teles mußten demnach Waffen für den Kampf liefe
und einen außerordentlichen Erfolg in Zeiten hab
wo die scholastischen Streitigkeiten und die Spitz
digkeiten des Verstandes in großem Ansehen stan
und zur Berühmtheit führten.

Dies sind mit wenigen Worten die Grund
der Naturphilosophie, auf welchen die Physik bei
2000 Jahre lang ruhte, und welche von dem Au
blicke an umgestürzt wurden, wo man einsah,
man, um zur Kenntniß der Gegenstände zu g
gen, diese Gegenstände beobachten und studiren
Im Allgemeinen gaben sich die griechischen P
phen mehr mit rein intellectuellen Gegenstände
mit dem Erforschen der Naturerscheinungen a
her trieben sie auch die Kunst der Erörteru
der Analyse, ohne nützliche Resultate für de
schritt der Wissenschaft, auf den höchsten Grad
sagt mit Recht von den Griechen (Einlei
die Elemente der chemischen Philo
„*Sie hatten*, gleichsam aus Instinkt, Sin
„*Schöne*, Große und Glänzende; ihre

„irrten nicht aus Mangel an Genie, nicht einmal „aus Mangel an Anwendung, sondern bloß darum, „weil sie einen falschen Weg einschlugen, weil sie in „Beziehung auf die Natur mehr nach einem einge„bildeten Systeme urtheilten, als nach einem Ganzen, „das durch das Gesicht und das Gefühl aufgefaßt „werden kann."

Sie hatten sich z. B. eingebildet, daß, wenn sie zum Ausgangspunkt die einfachsten, theoretischen Begriffe nehmen, sie an dieselben die vorzüglichsten Erscheinungen knüpfen können; da nun die Kreislinie die regelmäßigste unter den Linien ist, so mußte die Umwälzung der Himmelskörper nach Kreislinien und in regelmäßigen Bewegungen vor sich gehen, und da sie sich wenig darum bekümmerten, durch die Beobachtung zu prüfen, ob die Hypothese richtig sei oder nicht, so rührte der Irrthum der Griechen daher, daß sie meinten, daß die Methode, nach welcher man wichtige Wahrheiten in der Mathematik entdeckte, in welcher sich alle Thatsachen verketten, auch auf die Physik anwendbar sei.

Man muß indessen unter den Alten und als Physiker dem Archimedes, der um das Jahr 267 v. Chr. auf die Welt kam und dessen tragisches Ende Jedermann kennt, einen besondern Platz anweisen. Außer seinen großen mathematischen Kenntnissen, die ihn in die erste Reihe der Mathematiker des Alterthums versetzen, verdankt man ihm, wie es scheint, die ersten Begriffe über die astronomische Strahlenbrechung und die Entdeckung des Princips, mit dessen Hülfe man die Dichtheit der Körper bestimmt. Was seinen Ruhm als großer Mechaniker anbetrifft, so ist er außerordentlich groß, obschon man vielleicht die Anwendung der Maschinen übertrieben hat, welche er erfand, um die römischen Schiffe von den Wällen von Syrakus fern zu halten; indessen sind seine Entdeckungen *in der Mechanik*, die auf uns gekommen sind,

wichtig genug, um seinen großen Ruf zu rechtf
tigen.

Die Physik existirte also nicht als wirkliche W
senschaft bei den Griechen, weil die zu ihrer Zeit
kannten Wahrheiten, trotz der Bemühungen des Th
les und des Aristoteles, um sie zu vereinigen, n
sehr zerstreut waren. Ebenso verhielt es sich bei d
Römern, die mehr auf ihre Eroberungen, als
wissenschaftliche Studien bedacht waren. Daher
gnügten sie sich auch damit, das nachzubeten, was
Griechen gesagt hatten, ohne sich damit abzugeben,
untersuchen, ob die von Jenen ausgesprochenen
sichten irrig seien oder nicht. Nachdem sie sich
Herren von Italien gemacht hatten, so trugen sie
Waffen weiter und hatten anfänglich auch nicht
geringste Achtung vor den literarischen und wiss
schaftlichen Anstalten der besiegten Völker. Sie fing
erst nach der Eroberung von Syrakus an, aus w
cher Stadt Marcellus die Statuen und Gefäße w
schleppte, um die Tempel in Rom damit zu schm
cken, Geschmack an den Künsten zu bekommen.
dieser Zeit hatte diese Stadt, welche die Hauptst
des größten Reiches, das jemals existirte, werd
sollte, weder Dichter, noch Philosophen, noch Geschi
schreiber, noch Redner. Wir wollen der Entwickl
der Philosophie bei den Römern nicht folgen, sond
bloß das anführen, daß man ihnen, wie den Gr
chen, deren Schüler sie nach Besiegung derse
wurden, einen außerordentlichen Hang für das W
derbare vorwerfen könne, daß sie ohne Beurtheilun
kraft oft die abgeschmacktesten Traditionen sich a
heften ließen, und sie in unförmliche Lehrsyste
brachten. Wir wollen aber die Thatsachen ge
angeben.

Nach dem Berichte des Cicero wurde die G
metrie in Rom nicht sehr stark getrieben, und die A

sich darauf, Finsternisse vorherzusagen. Wissenschaftliche Erörterungen betrafen vorzüglich, wie zur Zeit des Leucipps und des Demokrits, die Metaphysik der Linie und den leeren Raum.

Lucrez, ein Zeitgenosse Cicero's trägt in seinem denkwürdigen Gedichte de Natura rerum das Wesentliche von den Ansichten Epikurs vor, die er mit denen anderer berühmter Philosophen vergleicht. Man findet in demselben ziemlich genaue, obgleich schwankende Begriffe über mehrere Punkte der Physik. Er behauptet, wie man dies übrigens schon seit Archimed's Zeiten wissen mußte, daß der Fall der schweren Körper nicht bei allen Körpern auf gleiche Weise vor sich gehe, und daß die Körper aus Materie und leeren Räumen bestehen; er beschreibt die Wirkungen des Blitzstrahles sehr genau, u. s. w. Im Seneca findet man Beobachtungen über die Vergrößerungen, welche Glaskugeln durch Brechung und die gekrümmten Spiegel durch Reflexion hervorbringen, und andere über die Regenbogenfarben, die sich in gläsernen Prismen bilden; über die Abnahme der Wärme in den höheren Regionen der Atmosphäre; er spricht von den verschiedenen Farben der Sterne und behauptet, daß die Kometen einen regelmäßigen Lauf haben, die Erdbeben von einem Centralfeuer herrühren, u. s. w.

Plinius entlehnt in seiner Naturgeschichte ordentlich viel von Theophrast und Aristoteles; richtet darin eine Menge von Beobachtungen ziehung auf die Künste und gibt einige Ansichten die Entwicklung der Elektricität durch Reibung der verschiedene elektrische Erscheinungen. Was physikalischen Grundsätze anbetrifft, so sind sie e die des Plato und des Aristoteles, welche daallen Schulen herrschend waren.

Alten kannten zur Zeit des Plinius und sovorher die Eigenschaft des Krampffisches, eine

Betäubung hervorzubringen, wenn man ihn mit einer Pike oder mit einem Stäbchen berührt. Galenus erzählt die nämliche Thatsache. Plutarch sagt, daß dieser Fisch den Fischern vermittelst ihrer Netze eine Betäubung verursache und daß, wenn man auf einen lebendigen Krampffisch Wasser gieße, die Empfindung sich vermittelst des herabfallenden Wassers bis in die Hand fortpflanze.

Appianus beschrieb die beiden Organe, welche die Eigenschaft besitzen, Erschütterungen hervorzubringen und deren sich die Alten als eines Heilmittels besonders in der Gicht, Lähmung u. s. w. bedienten. Andere Beobachtungen beweisen, daß die Griechen und Römer das Phänomen sorgfältig beobachteten, dessen elektrischer Ursprung in unsern Tagen gehörig nachgewiesen ist.

Vossius berichtet, daß man zu seiner Zeit die Erschütterungen des Krampffisches anwandte, um ein eingewurzeltes Kopfweh zu heilen und daß man sie als ein Mittel gegen die Gicht gebrauchte.

Die Alten scheinen sich sehr mit den Eigenschaften des Blitzstrahles beschäftigt zu haben; nach ihnen war es einerlei, den Blitzstrahl oder die Gottheit selbst auf die Erde herabzuleiten. Nach Plinius hatte Numa sehr oft diese Macht ausgeübt. Man hat sogar behauptet, daß das Verfahren, wodurch man aus den Wolken die elektrische Flüssigkeit ableitete, den Alten und vorzüglich dem Numa Pompilius bekannt war, und daß Tullus Hostilius, sein Nachfolger, ums Leben kam, weil er auf eine ungeschickte Weise dieses gefahrvolle Verfahren anwandte. Man findet auch wirklich in Plinius in Beziehung auf den Tullus Hostilius folgende merkwürdige Stelle: „In dem Augenblicke, wo er das Herabfahren des Blitzes nach dem Verfahren des Numa, aber auf eine ungeschickte Weise versuchte, wurde Tullus von dem Blitze erschlagen. Quod se licet fulminis [illegible] imitatum parum rite Tull

Hostilium ictum fulmine. Plin. lib. II. c. 53." Man findet ferner in dem Lucan eine in Beziehung auf denselben Gegenstand sehr merkwürdige Stelle.

Von dem Aruns, einem gelehrten Hetrurier, der in den Bewegungen des Blitzstrahles sehr erfahren war, behauptet man, daß er die Feuer des Blitzes, welche in der Luft zerstreut sind, gesammelt und in die Erde vergraben habe.

Aruns dispersos fulminis ignes
Colligit, et terra maesto cum murmure condit.
Lucan., Phars., I. 606.

Es ist unmöglich, sich bestimmter über die Anwendung der Blitzableiter auszusprechen. Diese Stelle darf uns nicht befremden, denn die Hetrusker hatten nach dem Berichte der alten Schriftsteller, und wenn man die Alterthümmer beurtheilt, welche auf unsere Zeiten gekommen sind, eine sehr vorangeschrittene Civilisation in einer sehr entfernten Zeit.

Die Astronomie, welche von der Magie angezogen war, machte in Rom in dem ersten Jahrhunderte der christlichen Zeitrechnung solche Fortschritte, daß die Astronomen mit den Astrologen in Kampf geriethen und sich bemüheten das Irrige ihrer angeblichen Wissenschaft zu beweisen. Diese Angriffe dienten aber dazu, derselben ein höheres Ansehen zu verleihen, und kurze Zeit darauf glaubte das ganze römische Volk an die Astrologie. Mehrere Kaiser sogar theilten diese irrige Ansicht.

Auf der andern Seite hielten die wiederholten Einfälle der Barbaren, und der Kampf zwischen dem Christenthum und dem Heidenthum, welcher so lange wurde, daß man die positiven Wissenschaften, welche sich noch in ihrer Kindheit befanden, ganz verließ, um sich rein spekulativen Gegenständen hinzugeben, die wissenschaftlichen Studien nicht nur lange Jahrhunderte hindurch, sondern vernichteten sie beinahe gänzlich.

Bevor wir aber angeben, worin diese St
in dem Mittelalter bestanden, wollen wir uns
Augenblick verweilen, um von der Chemie zu spre
die man später für einen Zweig der allgemeinen
turlehre ansah und welche zu dem Impulse bei
den diese in dem 15. Jahrhunderte dadurch er
daß sie beständig die Aufmerksamkeit der Philoso
auf die Kunst zu experimentiren lenkte, ohne w
die Physik nicht bestehen kann.

Die Chemie als Wissenschaft kannten die
nicht, indessen trieben mehrere Völker und insb
dere die Aegyptier mit glücklichem Erfolge, wie
vorher gesehen haben, die Anwendung dieser W
schaft auf die Künste, ohne die Principien derse
zu kennen. Dieses Volk war besonders bewande
der Kunst, die Stoffe zu färben, die Metalle,
Glas und die Schmelze zu bearbeiten und diesen
teren verschiedene Farben zu geben; es verstan
Kunst die Soda oder das Natron zu reinigen
das Kali aus der Asche zu ziehen.

Die Phönizier hatten gleichfalls sehr ausgede
Kenntnisse in den Künsten, welche von der Ch
abhängen. Diese Völker kannten den Gebrauch
Kupfers, des Goldes, des Silbers, des Bl
des Zinns und des Eisens; sie wußten diese Me
aus ihren Erzen zu gewinnen, sie zu legiren
verschiedene metallische Mischungen hervorzubrin
wie z. B. die Bleiglätte, die Vitriole u. s. w.
kannten auch den Gebrauch gegohrener Flüssigke
Trotz allen Kenntnissen, welche die vorläufigen
rationen erheischten, um diese Mischungen zu e
ten, besassen sie doch nur praktische Regeln, w
in ihrer Vereinigung kein Lehrgebäude bildeten.
chemischen Künste gingen von den Aegyptiern zu
Griechen und den Römern über, welche sich w
mit den wissenschaftlichen Kenntnissen abgaben,
welchen sie beruhten, da ihre Philosophen der

Hostilium ictum fulmine. Plin. lib. II. c. 53.“ Man findet ferner in dem Lucan eine in Beziehung auf denselben Gegenstand sehr merkwürdige Stelle.

Von dem Aruns, einem gelehrten Hetrurier, der in den Bewegungen des Blitzstrahles sehr erfahren war, behauptet man, daß er die Feuer des Blitzes, welche in der Luft zerstreut sind, gesammelt und in die Erde vergraben habe.

. . . Aruns dispersos fulminis ignes
Colligit, et terra mœsto cum murmure condit.
Lucan., Phars., I. 606.

Es ist unmöglich, sich bestimmter über die Anwendung der Blitzableiter auszusprechen. Diese Stelle darf uns nicht befremden, denn die Hetrusker hatten nach dem Berichte der alten Schriftsteller, und wenn man die Alterthümmer beurtheilt, welche auf unsere Zeiten gekommen sind, eine sehr vorangeschrittene Civilisation in einer sehr entfernten Zeit.

Die Astronomie, welche von der Magie angesteckt war, machte in Rom in dem ersten Jahrhunderte der christlichen Zeitrechnung solche Fortschritte, daß die Astronomen mit den Astrologen in Kampf geriethen und sich bemüheten das Irrige ihrer angeblichen Wissenschaft zu beweisen. Diese Angriffe dienten aber nur dazu, derselben ein höheres Ansehen zu verleihen, und kurze Zeit darauf glaubte das ganze römische Reich an die Astrologie. Mehrere Kaiser sogar theilten diese irrige Ansicht.

Auf der andern Seite hielten die wiederholten Angriffe der Barbaren, und der Kampf zwischen dem Christenthum und dem Heidenthum, welcher so lebhaft wurde, daß man die positiven Wissenschaften, obgleich sie sich noch in ihrer Kindheit befanden, ganz verließ, um sich rein spekulativen Gegenständen hinzugeben, die wissenschaftlichen Studien nicht nur lange Zeit auf, sondern vernichteten sie beinahe gänzlich, mehrere *Jahrhunderte* hindurch.

Bevor wir aber angeben, worin diese Studien in dem Mittelalter bestanden, wollen wir uns einen Augenblick verweilen, um von der Chemie zu sprechen, die man später für einen Zweig der allgemeinen Naturlehre ansah und welche zu dem Impulse beitrug, den diese in dem 15. Jahrhunderte dadurch erhielt, daß sie beständig die Aufmerksamkeit der Philosophen auf die Kunst zu experimentiren lenkte, ohne welche die Physik nicht bestehen kann.

Die Chemie als Wissenschaft kannten die Alten nicht, indessen trieben mehrere Völker und insbesondere die Aegyptier mit glücklichem Erfolge, wie wir vorher gesehen haben, die Anwendung dieser Wissenschaft auf die Künste, ohne die Principien derselben zu kennen. Dieses Volk war besonders bewandert in der Kunst, die Stoffe zu färben, die Metalle, das Glas und die Schmelze zu bearbeiten und diesen letzteren verschiedene Farben zu geben; es verstand die Kunst die Soda oder das Natron zu reinigen und das Kali aus der Asche zu ziehen.

Die Phöntzier hatten gleichfalls sehr ausgedehnte Kenntnisse in den Künsten, welche von der Chemie abhängen. Diese Völker kannten den Gebrauch des Kupfers, des Goldes, des Silbers, des Bleies, des Zinns und des Eisens; sie wußten diese Metalle aus ihren Erzen zu gewinnen, sie zu legiren und verschiedene metallische Mischungen hervorzubringen, wie z. B. die Bleiglätte, die Vitriole u. s. w.; sie kannten auch den Gebrauch gegohrener Flüssigkeiten. Trotz allen Kenntnissen, welche die vorläufigen Operationen erheischten, um diese Mischungen zu erhalten, besassen sie doch nur praktische Regeln, welche in ihrer Vereinigung kein Lehrgebäude bildeten. Die chemischen Künste gingen von den Aegyptiern zu den Griechen und den Römern über, welche sich wenig *mit den wissenschaftlichen Kenntnissen abgaben, auf welchen sie beruhten*, da ihre Philosophen derselben

nicht erwähnten. Einige ausgezeichnete Thatsachen sind folgende:

Nach dem Berichte des Diogenes Laertius hatte sich Demokrates damit abgegeben, die Edelsteine nachzumachen.

Dioskorides, von dem man annimmt, daß er der Arzt der Kleopatra gewesen sei, hatte ein Verfahren angegeben, das Quecksilber aus seiner Vererzung durch Sublimiren zu gewinnen ꝛc. Aber alle diese Behauptungen sind nicht hinlänglich, um zu beweisen, daß die Chemie als Wissenschaft existirte; man muß bis in das 7te und 8te Jahrhundert zurück gehen, um die ersten Spuren davon wahrzunehmen; bevor wir dies aber beweisen, wollen wir zu dem Zustand zurückkehren, in welchem sich die allgemeine Naturlehre in Europa in den ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung befand, wo das römische Reich auf allen Seiten unter den wiederholten Angriffen der Barbaren zusammenstürzte. Nach und nach deckte Finsterniß die Trümmer des abendländischen Kaiserthums und bedrohten auch bald das morgenländische.

Die Griechen, von Barbaren umringt, von untauglichen und unwissenden Fürsten beherrscht, von der Last äußerer und innerer Kriege niedergebeugt, sahen bald, wie die Wissenschaften, die Künste und die Literatur erloschen, welche, namentlich die letzteren, so viele Jahrhunderte hindurch unter ihnen geblüht hatten. Die gänzliche Abschaffung der Abgötterei hob auch die verschiedenen philosophischen Sekten des Alterthums auf, und schloß die Schulen, in welchen die Wissenschaften von Heiden gelehrt wurden. Der Kampf zwischen den beiden Religionen wurde so heftig, daß die eine die andere zu vernichten strebte.

Der Streitgeist, der bei den Griechen sein Entstehen gefunden hatte, und dessen unheilvolles Streben für das Fortschreiten der physikalischen Wissenschaften wir bereits angegeben haben, kam bald überall

in die Mode. Das Studium der Sachen wurde vernachlässigt, um über Worte zu streiten; aber bald brachte die Barbarei den Schimmer zum Erbleichen, den die Dialektik noch erhalten hatte, und selbst die Griechen versanken in Finsterniß.

In dem 6. und 7. Jahrhunderte hob Justinian, welcher die Abgötterei in dem Abendlande abschaffen wollte, die Schulen, und insbesondere die zu Athen, auf; er ließ nur die in Alexandrien bestehen, deren Lehrstühle von Christen besetzt waren; aber bald hatten auch diese ein ähnliches Loos. Es gab also damals keine wissenschaftlichen Anstalten mehr, und daher wurden die Astrologen die Philosophen im vorzüglichsten Sinne und herrschten ungetheilt über Geister, die sie nach ihrer Willkür lenkten. Demungeachtet gab es unter Justinian einige verdienstvolle Männer, wie Anthemius und Isidorus, welche aus der Schule des Philosophen Proklus hervorgegangen waren, der zu Anfang des 6. Jahrhunderts den Sinn für das Studium der Mathematik in Griechenland wieder belebte. Nach dem Berichte des Agathias, dem Fortsetzer des Procop von Cäsarea, war Anthemius, ein gewandter Baumeister, der die Kenntniß der Geometrie mit der der Physik verband. Justinian trug ihm auf, die St. Sophienkirche wieder aufzubauen. Dieser Mann, welcher seinem Jahrhunderte weit vorangerückt war, hatte einen Begriff von der Expansivkraft des Dampfes, so viel man aus den Einzelnheiten, in welche sich Agathias einläßt, schließen kann.

Dies war der Zustand der Dinge bis zum Anfange des 8. Jahrhunderts, wo Leo der Isaurier, dieser wüthende Bilderstürmer, die Wissenschaften, die Künste, die Bilder mit gleicher Verbannung bedrohte. Seine Verblendung war so groß, daß er bei Nacht *in ihren Häusern* mit allen ihren Büchern zwölf *Geistliche*, *seine Räthe*, welche seinen Abscheu gegen

ilder nicht theilten, verbrennen ließ. Alles demnach zu der Vernichtung der Wissenschaften ragen, und alle Bemühungen des menschlichen s das ganze Alterthum hindurch in Aegypten, iechenland und in dem Kaiserreiche wären für ivilisation verloren gewesen, wenn die Bücher, der allgemeinen Verbannung entgangen sind, in den Klöstern aufbewahrt worden wären.

t. Benedikt, welcher im Jahre 543 den ersten sorden im Abendlande auf dem Berge Cassini , hat demnach in dieser Beziehung Ansprüche nsere Dankbarkeit. Die Regel seines Ordens o vorzüglich darin, dem rein contemplativen vorzubeugen, das man den Mönchen im Mor- de vorwarf. Demnach empfahl er die Hand- und machte das Lesen und die Geistesanstrengung flicht. Demungeachtet erscheinen die Benedik- in Frankreich erst gegen den Anfang des 7ten underts, und bald darauf entstanden überall r, welche anfänglich Bibliotheken und später en hatten. Literarische und wissenschaftliche Ar- waren die ausschließende Beschäftigung geist- Gemeinden, und insbesondere derer, welche der des heiligen Benedikts anhingen; daher sah auch eine lange Zeit hindurch keinen einzigen steller, der nicht in ein Kloster gehörte. Zwar nen die physikalischen Wissenschaften nichts dabei, aber erhielten sie einen Impuls durch die Ar- einiger Mönche, welche sie mit wichtigen Ent- gen bereicherten, von denen ich bald sprechen Vorher aber wollen wir dem Wiederaufleben issenschaften und der Künste anwohnen.

ch einer von jenen Sonderbarkeiten, wovon ie Geschichte nur ein einziges Beispiel aufstellt, der Schatz der menschlichen Kenntnisse im in dem *Mittelalter* von einem Volke gesam- *erhalten und* zu Tage gefördert, welches das

ganze Alterthum hindurch in Barbarei versunken u
und bei welchem die Einsichten nur einige Jahrh
derte hindurch glänzten, um sodann gänzlich zu
löschen. Die Araber befanden sich zu der Zeit,
Mahomed sie unterjochte, in der tiefsten Unwissenh
ein Zustand, welcher den politischen Absichten di
Eroberers günstig war; daher bediente er sich
der Macht seiner Religion, um zu verhindern,
die Wissenschaften nicht zu ihnen gelangen möch
Erst gegen das achte Jahrhundert fingen die Ar
unter den Abbassiden an, aus der Barbarei her
zutreten, in welche sie der Islamismus verstrickt h
Die Abbassiden beriefen christliche Aerzte zu
welche nach und nach in Arabien den Wunsch
machten, positive Kenntnisse zu erlangen, Kenntn
welche dem Geiste dieses Volkes, das nach dem W
derbaren so begierig ist, außerordentlich schmeichel
Sie ließen die zerstreuten, in verschiedenen Spra
geschriebenen, wissenschaftlichen Bücher aufsuchen,
vertrauten die Uebersetzung derselben Christen
Auf diese Weise wurden die Werke des Aristot
bei ihnen beliebt und flößten ihnen einen Hang
die Lehre desselben und für die Medizin ein.
Kalife Mahmud, welcher zu Anfang des neunten Jh
hunderts lebte, machte später das Studium der M
thematik beliebt, das er selbst leidenschaftlich tr
Er wandte seinen ganzen Einfluß an, um der g
chischen Philosophie Eingang zu verschaffen. Die N
folger dieses aufgeklärten Mannes munterten die W
senschaften auf, welche sich endlich in alle Staa
die sich zu dem Islamismus bekannten, verbreite
Daher sah man in Asien, in Afrika, in Spa
und besonders zu Cordova, Schulen, in welchen
Medizin, Astronomie, Mathematik und Philoso
lehrte, Schulen, welche sogar von Christen be
wurden. *Diese* für die damalige Zeit so vora
schrittene *Civilisation* dauerte bis zum vierzeh

Jahrhundert, einer Epoche, wo Tamerlan Asien verderrte.

Obschon die Wissenschaften, die Künste und die Litteratur bei den Arabern in Ansehen standen, so trug doch ihre Vorliebe für Aristoteles, dessen Principien sie annahmen, ohne sie zu verstehen, dazu bei, sie irre zu leiten. Unaufhörlich nahmen sie ihre Zuflucht zu Commentatoren, welche diese Principien dergestalt entstellten, daß es unmöglich war, sie mitten in diesem Chaos wieder aufzufinden. Auf allen Seiten bildeten sich Sekten von Peripatetikern, und da jede glaubte, den Gedanken des Aristoteles aufgefaßt zu haben, so kämpfte sie gegen alle andere, und sprach gegen sie das Anathema aus. Das Studium der Philosophie ging also mehr auf den Mechanismus der Sätze, als auf Begriffe und Thatsachen, und lieferte demnach Waffen zum Streite.

Die Araber trieben demungeachtet mit glücklichem Erfolge die Geometrie, die Astronomie, die Medizin und vorzüglich die Chemie. Der berühmteste unter ihnen ist Gheber-Abel-Musa-Djafa-Alsofi, welcher in dem achten Jahrhunderte blühte, und den man als den Gründer der arabischen Schule ansieht. Man verdankt ihm die Erfindung des Brennkessels, des ätzenden Sublimats und der Salpetersäure. Die Araber haben ferner das Königswasser, das salpetersaure Silber und verschiedene pharmaceutische Präparate entdeckt, welche durch Vermittlung derjenigen, die ihre Schulen besuchten, nach Europa kamen. Aber die Chemie wurde von den Arabern nur als ein Zweig einer anderen Wissenschaft getrieben, einer Wissenschaft, welche ihrer Ansicht nach vorzugsweise diesen Namen verdient, welche gegen das 7. Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung entstand, und welcher die Physik und die Chemie es zu verdanken haben, daß die Methode des *Experimentirens* als Mittel der Forschungen in Aufnahme kam: ich meine die Alchemie.

In den alten Schriftstellern findet man durchaus nichts, das mit dieser Kunst einige Aehnlichkeit hat. Bloß Plinius berichtet, daß Caligula zuerst Arsenik zubereitete, um dasselbe in Gold zu verwandeln, und daß er seine Versuche nur darum einstellte, weil die Auslage den Nutzen überstieg. Wahrscheinlich ist es aber, daß er nur das Gold von einem arsenikhaltigen Erze schied; was aber gewiß zu sein scheint, ist dies, daß diese Kunst bei den Arabern entstand, daß sie von Raymond Lulle aus Majorka in dem 13. Jahrhundert, von Arnaud de Villeneuve aus Aragonien zu Anfang des 14. Jahrhunderts nach Europa gebracht wurde, und daß sie sodann den Azot, Paracelsus und andere zu Adepten hatte.

Der Hauptzweck der Alchemie war die Verwandlung der Metalle; ihre Anhänger meinten, daß alle Metalle eine und dieselbe Substanz, das Metall im vorzüglichen Sinne, enthielten und dessen Reinheit durch die Gegenwart fremdartiger Substanzen verhüllt wäre; je nachdem sich nun diese letztere in größerer oder geringerer Menge vorfände, war die Mischung mehr oder minder roh. Das Gold war die Mischung, welche dem Urstoffe sich am meisten näherte. Die Substanz, welche alle andere in Gold verwandeln konnte, mußte diese Verwandlung nur dadurch bewirken, daß sie die fremdartigen Stoffe wegschaffte, welche auf seine Reinheit einen nachtheiligen Einfluß ausübten, eben diese Substanz mußte auch aus dem menschlichen Körper die Krankheitsstoffe wegschaffen, welche die Lebensverrichtungen stören; diese Substanz war der Stein der Weisen, die Universalarznei. Indem die Alchemisten diesem Hirngespinnste anhingen, so haben sie, ich wiederhole es noch einmal, bei dem Befragen der Natur die Methode des Experimentirens *auf* die Bahn gebracht und dadurch zu dem großen *Impulse beigetragen*, welchen die physischen und *chemischen Wissenschaften* später erhielten.

Begreiflich ist es bis auf einen gewissen Punkt hin, wie man anfänglich an die Verwandlung der Metalle glauben konnte. Wenn man sah, wie unter der Einwirkung neuer Operationen ein Mineral von nichtssagendem Aussehen sich in ein reines Metall verwandelte, so mußten die Erzarbeiter auf den Gedanken kommen, daß es nicht unmöglich wäre, die edelsten Arten dadurch zu erhalten, daß man die Reinigung der anderen bewirkte. Es ist eine unheilvolle Folgerung des Irrthums, in welchen die Griechen gerathen waren, welche ohne Prüfung angenommen hatten, daß die Körper nur aus einer geringen Anzahl von Elementen bestehen, und daß man zu der Kenntniß der Dinge vermittelst einfacher Principien gelangen könne. Man sieht daraus, welchen Einfluß die Wissenschaften auf die Civilisation ausübten. Die Araber erhielten also den Brennpunkt der intellectuellen Einsichten mitten in der Finsterniß, welche damals das ganze Abendland deckte, und wovon die Klöster Anfangs einige schwache Strahlen sammelten.

Im Abendlande gab es bis zum achten Jahrhunderte keine andere Schulen, als in den Cathedralen und in einigen Klöstern für den Bedarf der Geistlichen. In diesen Zeiten der Barbarei nahm man zu Führern einen gewissen Capella, der in Afrika in dem fünften Jahrhundert lebte, und welcher einige Werke über die Wissenschaften und die Künste in lateinischer Sprache geschrieben hatte; sodann in dem sechsten Jahrhundert den Cassiodor, einen römischen Senator. Die Werke dieser beiden Schriftsteller waren bloße Compilationen, die höchstens dazu taugten, einige Dokumente in Beziehung auf die Wissenschaften zu erhalten. Diese Lage der Dinge blieb bis Karl der Große, der sich zum Herrn eines großen Reiches gemacht hatte, und sobald als die Franken unter dem Schutze seiner Gesetze wieder zu athmen anfingen, die Nothwendigkeit empfand, zu Civilisirung dieses Volkes

abgeschmackten Mährchen, die unter seinem N
im Publikum circuliren; man ersieht bloß aus
selben, daß er ein Anhänger der aristotelischen
war, worüber er zahlreiche Commentare heraus
Er hatte eine große Gewandtheit in den mechan
Wissenschaften und beschäftigte sich mit dem Stu
der Naturerscheinungen. Man findet in seinen
ken eine Abhandlung über die Aerolithen, an
Existenz er gar nicht zweifelt, und die er dadur
erklären sucht, daß er sie ansieht, als wären
den hohen Regionen der Atmosphäre gebildet,
auch wohl von dem Monde herabgefallen, Hypo
sen, welche in unseren Tagen wieder aufgewä
wurden, und denen man noch eine andere beifü
nämlich die, daß es im Raume herumirrende Kör
seien, welche in dem Augenblicke auf die Erde hera
fallen, sobald sie sich in der Wirksamkeitssphäre d
selben befinden.

Es scheint, daß er in Treibhäusern Pflanzen zo
welche vor der Zeit blühten, und Bäume, welche v
der Zeit Früchte gaben, was ihn in den Stand setz
einem Bischofe mitten im Winter jenes berühmte Gas
mahl mitten in einem blühenden Garten zu geben
Dieses Gastmahl war ein Ereigniß, und trug nic
wenig dazu bei, ihn der Zauberei beschuldigen
lassen. Ueberdies erhob die Mannigfaltigkeit d
Kenntnisse des Albertus denselben so sehr über sei
Zeitgenossen, daß man sich alles das Abgeschmac
was über ihn ausgesagt wurde, leicht erklären kan

In dem 13. Jahrhundert erschien ferner Ro
Baco, ein Franziskaner, Professor zu Orford u
Zögling des Albertus, mit dem Beinamen Magn
und der selbst Doctor admirabilis genannt wur
Er kam auf den Gedanken, die physikalischen W
senschaften auf Beobachtung zu gründen und die

eine beispiellose Neuerung, daher brachte sie auch ein großes Aergerniß hervor. Es gelang ihm demungeachtet, Schüler zu bekommen, welche eine für die damalige Zeit beträchtliche Summe zusammenbrachten, um die Kosten der Versuche zu bestreiten. Ein so kühnes Unternehmen mußte ihm in einem Zeitalter der Unwissenheit Verfolgungen zuziehen. Er wurde von dem Franziskaner-General zu einem immerwährenden Gefängniß bei Wasser und Brod verurtheilt, weil er den Versuch gemacht hatte, die Vorurtheile zu zerstreuen, von denen sein Zeitalter durchdrungen war. Er kam jedoch aus demselben, nachdem er sich gerechtfertigt hatte, aber unter der Bedingung, daß er sich nicht mehr mit Physik abgeben dürfe.

Man verdankt ihm Ansichten über die Eigenschaften der concaven und convexen Gläser, wovon er in seinem Opus majus spricht, indem er sagt, daß sich die Patres, wenn sie betagt sein werden, dieser Gläser beim Lesen bedienen können. Er erwähnt in demselben gleichfalls der Verbindungen von Gläsern, mit deren Hülfe man die Gegenstände vergrößern und auf unermeßlichen Weiten sehen könne; er spricht von der Möglichkeit, Wagen und Schiffe mit Hülfe eines [illegible] Mechanismus, bei dem man die Kraft des [illegible] anwenden könne, sich bewegen zu lassen: eine [illegible] von der Anwendung des Dampfes.

In seinem Speculum alchymiæ spricht er von [illegible] Eigenschaften des Schießpulvers, dessen Gebrauch [illegible] zu seiner Zeit sehr bekannt war, weil sich die [illegible] damit belustigten, dasselbe in Pergament zu [illegible], um es sodann anzuzünden.

[illegible]aco, den sein Genie über sein Zeitalter erhob, [illegible]ete, daß man durch die Anwendung der Zu[illegible]setzung aus Salpeter, Schwefel und Kohlen, [illegible] einstürzen könne. Obschon dieser höhere Geist [illegible]thümer der Alchemisten theilte, Irrthümer, [illegible] der Zeit der Finsterniß, in welcher er lebte,

sehr verzeihlich sind, so ist man ihm darum
niger einen großen Dank schuldig, weil er
den Gründern der Experimentalphysik war.
Roger Baco dieser Wissenschaft einen große
gab, so hat er demungeachtet nicht wenig
getragen, wie sein Lehrer, die aristotelisch
verbreiten, während er Mathematik, Mecha
nomie, Optik und Chemie mit Eifer trieb.

Die Ereignisse, welche Europa in dem
hunderte beunruhigten, hemmten den Impu
chen Baco den Wissenschaften gegeben hatte
auch daher kommen, daß er zu hohe Id
als daß sie von seinen Zeitgenossen verstan
den konnten.

Daher muß man auch in das 15. Je
übergehen, wenn man sehen will, wie di
schaften einen geregelten und progressiven G
der annehmen. Ich übergehe mit Stillschwei
was auf das Fortschreiten der experimentale
schaften keinen Bezug hat, um auf den
zu kommen, der im Jahre 1496 auf die
und dem man chemische Präparate verdank
bisweilen so glückliche Wirkungen hervorbra
die Aerzte zu glauben anfingen, daß die W
welcher er sich gewidmet hatte, ihnen herr
tel liefern könne, der leidenden Menschheit
Um diese Zeit erhielt die Chemie selbst ein
Impuls. Aerzte, Chemiker, Metallurgen,
scher und Industrielle machten sich an das
der in dem Umfange seiner Sphäre. Die
gen folgten schnell auf einander und die M
gab die gewöhnte Erfahrungsweise auf, un
dere anzunehmen, die sich auf neue En
gründete.

Paracelsus nahm in Basel im Jahre
ersten Lehrstuhl der Chemie ein; von dies
tirt sich eine neue Aera für diese Wisse

eine beispiellose Neuerung, daher brachte sie auch ein großes Aergerniß hervor. Es gelang ihm demungeachtet, Schüler zu bekommen, welche eine für die damalige Zeit beträchtliche Summe zusammenbrachten, um die Kosten der Versuche zu bestreiten. Ein so kühnes Unternehmen mußte ihm in einem Zeitalter der Unwissenheit Verfolgungen zuziehen. Er wurde von dem Franziskaner-General zu einem immerwährenden Gefängniß bei Wasser und Brod verurtheilt, weil er den Versuch gemacht hatte, die Vorurtheile zu zerstreuen, von denen sein Zeitalter durchdrungen war. Er kam jedoch aus demselben, nachdem er sich gerechtfertigt hatte, aber unter der Bedingung, daß er sich nicht mehr mit Physik abgeben dürfe.

Man verdankt ihm Ansichten über die Eigenschaften der concaven und converen Gläser, wovon er in seinem Opus majus spricht, indem er sagt, daß sich die Patres, wenn sie betagt sein werden, dieser Gläser beim Lesen bedienen können. Er erwähnt in demselben gleichfalls der Verbindungen von Gläsern, mit deren Hülfe man die Gegenstände vergrößern und auf unermeßlichen Weiten sehen könne; er spricht von der Möglichkeit, Wagen und Schiffe mit Hülfe eines inneren Mechanismus, bei dem man die Kraft des Windes anwenden könne, sich bewegen zu lassen: eine Ahnung von der Anwendung des Dampfes.

In seinem Speculum alchymiæ spricht er von den Eigenschaften des Schießpulvers, dessen Gebrauch schon zu seiner Zeit sehr bekannt war, weil sich die Kinder damit belustigten, dasselbe in Pergament zu thun, um es sodann anzuzünden.

Baco, den sein Genie über sein Zeitalter erhob, behauptete, daß man durch die Anwendung der Zusammensetzung aus Salpeter, Schwefel und Kohlen, Städte einstürzen könne. Obschon dieser höhere Geist alle Irrthümer der Alchemisten theilte, Irrthümer, welche zu der Zeit der Finsterniß, in welcher er lebte,

sation hemmten. So umsegelte, wie Herschel anf
(Preliminary discourse on the study of natural
losophy, London 1833) Vasco de Gama das
der guten Hoffung, Columbus endeckte Amerika,
ghellan suchte die Südländer auf, Drake machte
Reise um die Welt; die Astronomie entledigte
der Fesseln, welche ihr die Lehren des Aristot
angelegt hatten; Copernikus ließ das System
Pythagoras wieder aufleben und lehrte, daß die
sich drehe; Tycho Brahe studirte den Lauf der
neten und der Kometen; Kepler entdeckte die
großen Gesetze, nach welchen sich die Bewegu
der Himmelskörper richten; Galilei durchsuchte
Himmel mit seinem Fernrohr, entdeckte die Sch
und legte den Grund zu der Experimentalphy
Toricelli fand den Druck der Atmosphäre, F
Baco endlich zählte die menschlichen Kenntnisse
und zeichnete den künftigen Geschlechtern den
vor, den sie einzuschlagen haben, um zu neuen W
heiten zu gelangen.

Dies sind Entdeckungen, worauf der mensch
Geist stolz sein kann. Heil demnach jenen unerk
kenen Philosophen, welche sich nicht scheuten,
ren zu trotzen, ihre Freiheit und sogar ihr Lebe
wagen, um die Herrschaft der Wahrheit auf u
schütterliche Grundflächen zu bauen.

Drittes Kapitel.

Von dem Fortschritte der allgemeinen Physik seit dem 16. Jahrh
bis auf Newton.

Obschon man noch vor der Zeit, zu welcher
jetzt gelangt sind, über Plato, Aristoteles, Pyth
ras, Zoroaster stritt, und der Systemgeist (v
vorherrschend war, so fing man doch Beobachtu
Versuche an, welche zum Zwecke hatten, die N

Fortschritte wir nicht alle verfolgen können; wir wollen bloß anführen, daß Agricola, nachdem er die Mineralogie in den Bergwerken Böhmens und Chemnitz studirt hatte, auch dazu beitrug, den Grund zu einer rationellen Chemie zu legen. Schon beschäftigte man sich seit zwei Jahrhunderten in Deutschland, wegen der Ausbeutung der Bergwerke, welche in diesem Lande immer einträglich gewesen sind, eifrig damit.

Die Alchemie machte damals große Fortschritte, die Quecksilber-, Schwefel- oder Antimoniumpräparate, welche erst endeckt wurden und heroische Mittel bei gewissen Krankheiten waren, welche die alten Lehren nie mit Erfolg angriffen, trugen dazu bei, ihr einen außerordentlichen Zulauf zu verschaffen. Ihre Adepten behaupteten auf's Neue und nachdrücklicher, daß es ein einziges Princip geben müsse, vermittelst dessen man das Gold herstellen und die Krankheitsstoffe vertreiben könne. Der Kampf wurde zwischen den Chemikern und den Anhängern des Steins der Weisen, deren Sekte in dem 18. Jahrhunderte ganz verschwand, lebhaft geführt.

Elektricität und Magnetismus, deren bisher noch nicht erwähnt worden ist, machten noch keinen der wichtigeren Theile der allgemeinen Naturlehre aus. Gilbert hat zuerst im Jahre 1590 ein Werk voll neuer Ideen über einige von den Phänomenen herausgegeben, welche von denselben abhängen. Er fing an, die Körper nach ihren durch Reibung entstandenen elektrischen Eigenschaften zu klassifiziren.

Wir befinden uns nun in dem 15. und 16. Jahrhundert, in derjenigen Zeit, welche einzig vielleicht in den Jahrbüchern der Welt ist, wo sich die Geister auf allen Seiten rührten, um die Sphäre ihrer Kenntnisse zu erweitern und die Irrthümer zu verscheuchen, welche sich seit Jahrhunderten in unseren Annalen *aufhäuften* und die Fortschritte der Civili-

sation hemmten. So umsegelte, wie Herschel anführt (Preliminary discourse on the study of natural philosophy, London 1833) Vasco de Gama das Cap der guten Hoffung, Columbus endeckte Amerika, Maghellan suchte die Südländer auf, Drake machte die Reise um die Welt; die Astronomie entledigte sich der Fesseln, welche ihr die Lehren des Aristoteles angelegt hatten; Copernikus ließ das System des Pythagoras wieder aufleben und lehrte, daß die Erde sich drehe; Tycho Brahe studirte den Lauf der Planeten und der Kometen; Kepler entdeckte die drei großen Gesetze, nach welchen sich die Bewegungen der Himmelskörper richten; Galilei durchsuchte die Himmel mit seinem Fernrohr, entdeckte die Schwere und legte den Grund zu der Experimentalphysik; Toricelli fand den Druck der Atmosphäre, Franz Baco endlich zählte die menschlichen Kenntnisse auf und zeichnete den künftigen Geschlechtern den Weg vor, den sie einzuschlagen haben, um zu neuen Wahrheiten zu gelangen.

Dies sind Entdeckungen, worauf der menschliche Geist stolz sein kann. Heil demnach jenen unerschrockenen Philosophen, welche sich nicht scheuten, Meeren zu trotzen, ihre Freiheit und sogar ihr Leben zu wagen, um die Herrschaft der Wahrheit auf unerschütterliche Grundflächen zu bauen.

Drittes Kapitel.

Von dem Fortschritte der allgemeinen Physik seit dem 16. Jahrhundert bis auf Newton.

Obschon man noch vor der Zeit, zu welcher wir jetzt gelangt sind, über Plato, Aristoteles, Pythagoras, Zoroaster stritt, und der Systemgeist immer *vorherrschend* war, so fing man doch Beobachtungen, *Versuche an*, welche zum Zwecke hatten, die Naturer-

scheinungen und besonders die Erscheinungen am Himmel zu erklären, und die Irrthümer der Alten aufzudecken. Man begriff jetzt, daß man, um die Natur kennen zu lernen, dieselbe aus allen Gesichtspunkten studiren müsse; wie viel Zeit, wie viele Anstrengungen kostete es aber, um zu dieser wichtigen Wahrheit zu gelangen, ohne welche es unmöglich war, die physikalischen Wissenschaften weiter zu bringen!

In Frankreich stand die Lehre des Aristoteles immer in Ansehen; sie hatte zum Gegner Gassendi, der gegen das Ende des 16ten Jahrhunderts geboren wurde. Die Lehre, welche er bekämpfen wollte, hatte in den Gemüthern so tiefe Wurzeln geschlagen, daß er zu ihrer Vernichtung Umwege einschlagen mußte. So stellt er, wenn er von Aristoteles oder wenigstens von seinen Grundsätzen spricht, die Einwürfe, die man dagegen machen konnte, in Gestalt von Zweifeln, von Paradoxen auf, welche er dem Urtheile der Kirche unterwarf; dies war der Gang, den er in dem College de France einschlug, wo er Professor der Philosophie war. Es ist zu bedauern, daß sich ein so gesunder Geist nicht Versuchen hingegeben hat, wie er es hätte thun sollen, wenn er dem Impuls gefolgt wäre, der dem Zeitalter, in welchem er lebte, von den berühmten Männern, von denen ich jetzt sprechen werde, gegeben wurde. Indessen erwies er doch dadurch einen Dienst, für welchen man ihm Dank wissen muß, da er zeigte, daß man bisher einen falschen Weg eingeschlagen habe, und daß es besser sei, anstatt damit anzufangen, die Ursachen aufzusuchen, um zu den Wirkungen zu gelangen, nach dem Beispiele des Copernikus, des Galilei, des Kepler, jener Philosophen, welche auf den Gang der Wissenschaften und demnach auf die Zukunft der Welt einen so mächtigen Einfluß äußerten, einen umgekehrten Weg zu verfolgen.

Copernikus, der zu Thorn in Preußen im Jahr

1473 geboren war, erstaunte, als er die alten Schriftsteller, besonders Cicero und Plutarch studirte, über die Hypothese der Pythagoräer, welche behaupteten, daß sich die Erde nicht im Mittelpunkt der Welt befinde. Von da ging er aus, um sein Weltsystem aufzustellen; er starb aber, bevor er noch Zeuge von dem Aergerniß war, das sein Werk hervorbringen mußte. Im Jahre 1515 verdammte die Inquisition das copernikanische System als falsch, philosophisch, abgeschmackt und ketzerisch. So wurde die Meinung derjenigen aufgenommen, welche die Behauptung wagten, daß sich die Sonne im Mittelpunkte der Welt befinde, und daß sich die Erde um dieses Gestirn drehe, indem sie ihren Lauf in einem Jahre vollende.

Copernikus bahnte dem Galilei den Weg, welcher durch unbestreitbare Versuche bewies, daß das angegriffene System das wahre, das einzig annehmbare sei. Mit achtzehn Jahren machte dieser große Mann, der zu Pisa im Jahre 1564 geboren wurde, eine erste und eine seiner wichtigsten Entdeckungen; als er einmal in der Kirche zu Pisa war, bemerkte er die periodische und regelmäßige Bewegung einer Lampe, die an dem Gewölbe hing. Er schloß augenblicklich daraus auf den Isochronismus der Pendelschwingungen, den er auf die Verfertigung einer astronomischen Uhr anwandte, die später von Huyghens verbessert wurde. Als Galilei die Hydrostatik studirte, so machte der von Archimed zu Auffindung der Dichtheit der Körper entdeckte Grundsatz einen starken Eindruck auf ihn, und er erfand die hydrostatische Wage. Als er über die Ursache der Schwere bei allen Körpern nachdachte sah er ein, daß auf sie, von welcher Beschaffenheit sie auch sein mochten, die Schwere auf eine ganz gleiche Weise wirke, und daß, wenn sie in gleichen Zeiten keine gleichen Räume durchlaufen, dieser Unterschied *nur von dem* ungleichen Widerstande herrühre, den *ihnen die Luft* entgegensetze.

Er entdeckte zu gleicher Zeit die gleichförmig beschleunigte Bewegung, mit welcher die Körper fallen. Galilei wird als einer der Erfinder des Thermometers angesehen; man verdankt ihm die Bewaffnungen, wodurch man die Stärke der natürlichen Magnete vermehrt. Auf die Anzeige von einem Instrumente, das dazu bestimmt ist, entfernte Gegenstände zu sehen, und das von Jakob Metius im Jahre 1608 erfunden wurde, verfertigte er ein ähnliches; dies war ein Fernrohr, das den Durchmesser der Objekte um das Dreifache vergrößerte. Da er seine Forschungen verfolgen wollte, so verfertigte er ein anderes Teleskop, das den Durchmesser der Gegenstände ungefähr dreißigmal vergrößerte. Als er es gegen den Mond richtete, der am Horizonte erschien, so bemerkte er, daß die Linie, welche Licht und Schatten auf demselben schied, unregelmäßig sei, und daß sich in dem Schatten helle Punkte zeigen; er machte daraus den Schluß, daß die Oberfläche des Mondes, wie die unserer Erde, Unebenheiten haben müsse. Er zeigte später, daß diese Ungleichheiten Berge seien, die viel höher als die auf unserer Erde sind. Er hatte auch zuerst das Vergnügen, die Venus mit ihren Phasen, den Jupiter mit seinen Trabanten, die er die Sterne der Medicis nannte, zu sehen. Auf diese Weise wurde die Voraussetzung des Copernikus, welcher gesagt hatte, daß die Venus Phasen habe, wie der Mond, durch die Beobachtung bestätigt. Galilei entdeckte ferner die Nebelsterne und eine Menge Sterne, die man mit dem unbewaffneten Auge nicht wahrnehmen konnte. Einige Tage waren für ihn hinreichend, um so viele Entdeckungen zu machen, die seine Seele mit Bewunderung für die Naturerscheinungen erfüllte und seine Begeisterung für die Wissenschaften auf den höchsten Grad steigerten. Galilei ist es abermals, der zuerst die Sonnenflecken beobachtete, welcher bemerkte, daß der Mond uns beinahe immer die nämliche Fläche

Jahres aber wies man ihn aus besonderer Gnade das florentinische Gebiet zum Gefängnisse an, und verpflichtete ihn drei Jahre lang wöchentlich einmal die sieben Bußpsalmen herzusagen.

Von den Jahren, vom Unglück und körperlichen Gebrechen niedergebeugt, ließ sich Galilei doch durch aus nicht niederschlagen, und in einem Alter von 74 Jahren brachte er seine Tabellen über die Jupiterstrabanten zu Stande. Dieses große Genie erlosch endlich, nachdem es den Wissenschaften ein ewiges Denkmal errichtet hat, an welches sich sein Name für ewige Zeiten knüpft, und welches ihn in die Zahl der ersten Gründer der Naturphilosophie versetzt.

Um die nämliche Zeit lebte Kepler, der im Jahre 1571 geboren wurde. Er besaß in einem hohen Grade die Eigenschaften, welche einen großen Beobachter auszeichnen. Er wollte Alles berechnen, Alles untersuchen und die Naturerscheinungen aus physischen Ursachen ableiten. Die Geduld war eine seiner vorherrschenden Eigenschaften, wie aller derjenigen, die sich mit Eifer dem Studium der Wissenschaften hingeben. Er arbeitete auch wirklich drei Jahre lang an Aufstellung jenes berühmten Gesetzes, daß sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne, wie die Kubikzahlen der Entfernungen verhalten. Er verwandte gleichfalls viele Zeit auf Begründung seines zweiten Gesetzes folgenden Inhalts: Die Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Erst später fand er, daß sich die Planeten in krummen Ebenen bewegen, und daß ihre Radien vectoren um die Sonne herum Flächen beschreiben, welche mit der Zeit proportional sind.

Dies sind jene drei großen Gesetze, deren ganze *Wichtigkeit man* erst seit der Zeit einsah, wo Newton *die Anwendung* zeigte, die man von denselben zu

Bestimmung der Kraft machen kann, welche jeden Planeten in seiner Bahn erhält.

Kepler zeigte in einem seiner Werke, daß die Intensität des Lichtes im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Ein Gesetz, das ganz genau das Nämliche für die Anziehungskraft der Sonne zu den Planeten ist, und dessen Entdeckung man Newton verdankt. Er schloß demungeachtet aus seinen Forschungen, ohne es jedoch durch den Calkul zu beweisen, daß die Schwere das allgemeine Gesetz der Natur sei, und er hat gleichfalls, jedoch ohne Beweis, behauptet, daß die Luft schwer sei. In seinen Werken hat Kepler von dem Mikroskope gesprochen. In seiner Dioptrik, welche im Jahre 1611 herauskam, ist die Rede von der Verbindung von zwei converen Linsengläsern, welche die Gegenstände umkehren. Obgleich er diese Verbindung nicht bewerkstelligt hat, so betrachtet man ihn demungeachtet als den ersten, welcher die Idee aussprach, nach welcher man heutzutage das astronomische Fernrohr verfertigt. Mit einem Fernrohre versehen, das von dem Galilei'schen verschieden war, fand er, daß die Mondsberge wirklich größer sein müssen, als die Berge auf unserer Erde.

Die Entdeckungen, von denen ich so eben gesprochen habe, so wie die Folgerungen, welche Kepler daraus ableitete, ohne sich jedoch von ihrer Richtigkeit durch die Beobachtung zu versichern, sind hinreichend, um den außerordentlichen Einfluß darzuthun, den sie auf die Astronomie und die allgemeine Naturlehre haben mußten.

Die großen Wahrheiten, welche Galilei und Kepler mitten unter zahllosen Schwierigkeiten zu Tage förderten, untergruben unaufhörlich, sogar in ihren Grundlagen, die Lehre des Aristoteles. Es handelte sich jetzt davon, eine andere an ihre Stelle zu setzen, die *sich auf Thatsachen gründete* und den Bedürfnis-

sen der Wissenschaft zu dieser Zeit angepaßt
Diese große Aufgabe löste Franz Baco, der im J
1560 geboren wurde. Dieser große Philosoph w
von der allgemeinen Bewegung, welche alle G
zu der Erforschung der Wahrheit durch Versuche
mit fortgerissen. Er hat wenige Entdeckungen in
Physik gemacht; seine Versuche haben kein gr
Interesse, er hat dagegen aber den Wissensch
dadurch unermeßliche Dienste geleistet, daß er
Gang vorzeichnete, den man einzuschlagen hatte,
durch Induktion zu der Wahrheit zu gelangen. S
spekulativen Ansichten ließen mehr, als man es
daher gethan hatte, die Nothwendigkeit einsehen,
Thatsachen zu erforschen, um die neue Philosophie
Grundlagen zu erbauen, welche die künftigen J
hunderte achten müssen. Auf diese Weise wurden T
sachen, welche man früher für unbedeutend geha
hatte, studirt, klassifizirt, und führten auf Grund
und Gesetze. Es folgen hier einige von den
schriften des Baco, welche der Physiker nie aus
Augen verlieren darf: „Die besonderen Thatsa
„müssen bei den philosophischen Forschungen den
„gemeinen Thatsachen vorangehen, indem die a
„meinen Wahrheiten ihrer Natur nach spät zeiti
„Eine beobachtete und beschriebene Thatsache
„augenblicklich ein Element der Wissenschaft.
„Sammlung gut beobachteter und gehörig klassi
„ter Thatsachen kann auf die Entdeckung der G
„und der Ursachen leiten. Als die Thatsachen
„nicht in ein wissenschaftliches System gebracht wo
„war auch die Wissenschaft noch nicht, indem
„nicht bloß aus der Erkenntniß der Thatsachen,
„dern auch noch aus der Kenntniß ihrer gege
„*tigen Beziehungen* und der Gesetze besteht, welche
„*Thatsachen unter sich* verbinden." Dies ist der
der der Wissenschaft, den uns Baco hinterlassen
und von dem man sich nicht entfernen darf

zu müssen, auf Abwege zu gerathen. Die
m Studium und zur Philosophie war bei ihm
gesteigert, daß er, obgleich er Kanzler von
war, kaum so viel hinterließ, um die Lei-
n bestreiten zu können.

kommen jetzt zu Descartes, diesem mächtigen
welcher die aristotelische Philosophie von Grund
stürzte, um eine andere an ihre Stelle zu
welche das nämliche Loos hatte, mit dem
iede jedoch, daß Descartes, trotz seinen Irr-
, darum doch einer der Begründer der
ft.

cartes wurde 1596 geboren; in einem Alter
anzig Jahren erfand er die Anwendung der
auf die Geometrie, eines der mächtigen Hülfs-
der Physik. Mit Hülfe dieser neuen Wissen-
versetzte er die Linien, die Flächen, und sogar
ver in die Sprache der Algebra; er bediente
selben, um durch den Calkul das Gleichgewicht
ifte, den Widerstand der Lasten, die Wirkung
ibung, das Verhältniß der Geschwindigkeiten
Massen zu bestimmen; man muß ihn also für
ünder der analytischen Mechanik halten. In
Beziehung hat die Entdeckung der Anwendung
gebra auf die Geometrie Newton und den
li den Weg gebahnt.

ändig von dem Geiste der Analyse geleitet,
n dem Bedürfnisse gepeinigt, alles zu erklä-
m Descartes auf den Gedanken, alle Wissen-
zu vereinen und unter ihnen eine gegenseitige
igkeit zu begründen. Er verwarf den leeren
und nahm zuerst das Dasein einer sehr feinen
eit an, welche in dem Weltall verbreitet ist
le Körper durchdringt; er nahm zu gleicher
, daß der Raum unendlich sei, weil, sagte
Geist diese neuen Gränzen nicht begreifen

Er nahm auch eine uranfängliche, einzige,

elementarische Materie an, welche die Quelle un
der Grundstoff aller Wesen, und ins Unendliche thei
bar ist, die sich durch die Bewegungen modifizirt, si
zersetzt und sogar organisch werden kann. Mit dies
uranfänglichen Materie suchte er die Bildung d
Weltalls zu erklären. Seiner Ansicht nach gibt
drei Elemente, die aus Millionen Molekülen bestehe
welche sich neben einander befinden, die an einand
stoßen, sich reiben, sich zertrümmern und in einer r
schen Bewegung, wie Wirbel, um verschiedene Mi
telpunkte fortgerissen werden, von welchen sie sic
vermöge einer Centrifugalkraft, welche aus der krei
förmigen Bewegung entsteht, zu entfernen streb
Dieses System, mit welchem er alle Naturerscheinu
gen erklären wollte, lieh der Täuschung einen solch
Spielraum, da es nur einiger Augenblicke bedurft
um es für alle Geister zugänglich zu machen, daß
den größten Erfolg hatte. Es wurde allgemein a
genommen, sodann von den Philosophen, welche d
Lehren des Aristoteles über den Haufen werfen wo
ten, commentirt.

Die Schulen standen gegen eine solche Neueru
auf und zeigten sich unwillig darüber, daß man
wagen konnte, eine ruchlose Hand an das Haupt d
Peripatetiker zu legen. Obgleich diese Ansichten
unsern Tagen keine Erörterung aushalten und gän
lich verlassen sind, so mußten sie doch zu einer Z
günstig aufgenommen werden, wo es sich davon ha
delte, die Lehre des Aristoteles umzustürzen und ei
andere an ihre Stelle zu setzen. Descartes ha
den großen Gedanken, alle vor ihm angestellte B
obachtungen zu vereinen, um ein System der W
zu begründen; er hatte sich nicht bloß bis zu d
Himmel erhoben, um den Mechanismus desselben
studiren und zu erklären, er hatte seine forschend
Blicke auch auf die Erde gerichtet. Bei seinem V
suchen, seine Wirbel auf die Erklärung der No

ngen anzuwenden, musterte er nach der Reihe
were, die Ebbe und Fluth; er nahm das Da-
es Centralfeuers an, und suchte zu zeigen,
die magnetische Kraft entwickle und auf welche
as elektrische Fluidum in den Körpern cir-

lei hatte die Schwere entdeckt, Toricelli den
er Atmosphäre, Descartes gab Pascal den
n zu jenem berühmten Versuche mit dem
ter auf dem Puy de Dome, um zu zeigen,
Druck in dem Verhältnisse abnehme, als man
der Oberfläche der Erde entferne. Dieser
Physiker hat den Regenbogen erklärt, und
ine Erklärung nicht vollständig ist, so liegt
oß daran, daß er die Zusammensetzung des
nicht kannte. Seine vorzüglichsten Arbeiten
besonders das Licht, dessen allgemeine Eigen-
er in seiner Dioptrik erklärt; er verfolgte
seinem Wege durch die Körper, er sieht wie
in einem gleichförmigen Medium in einer
Linie bewegt, wie es auf der Oberfläche
n Körper reflektirt wird und den Reflexions-
dem Einfallswinkel gleich macht; er sieht end-
e es, wenn es durch verschiedene Medien geht,
nem Wege abgelenkt und nach Gesetzen ge-
wird, deren Richtigkeit vollkommen durch
hrung dargethan worden ist, und welche fol-
aßen lautet: „Der gebrochene Strahl und
infallende Strahl liegen in einer Ebene,
senkrecht auf der Fläche steht; der Sinus des
lswinkels und der Sinus des Brechungswin-
nd für die nämliche brechende Substanz in
constanten Verhältnisse, mag auch das Ein-
sein, welches es will."
artes hat die Erscheinungen des Sehens und
as mit der Organisation des Auges in Ver-
steht, analysirt; er hat erklärt, wie die Licht-

strahlen, welche von den äußeren Gegenstände
rühren, das Bild dieser Gegenstände auf der N
darstellen; warum das verkehrte Bild aufrecht
wird und warum das Bild, welches doppelt i
mer einfach gesehen wird. Vor ihm hatte m
concaven und die convexen Gläser entdeckt. A
ein holländischer Künstler, hatte das erste T
gemacht, dessen Mechanismus Galilei erklärt
indem er selbst das Instrument auf eine bloß
zeige hin verfertigte; Descartes benützte alle die
deckungen; er gab die mathematische Theorie
fügte außerordentlich viele neue Ansichten über do
hinzu, und leitete den Optiker in der Kunst da
zu bearbeiten. Man kann also sagen, daß
Grund zu der Dioptrik gelegt habe, welche
seiner schönsten Ansprüche auf Ruhm ist. Er
endlich, welcher das Ansehen des Aristoteles ab
teln lehrte und der neuen Philosophie den Impul

Von allen Seiten machte man sich ans We
Natur zu studiren, und sicher sind die Bemü
nicht vergeblich gewesen. Diejenigen welche
suchten, den philosophischen Ideen des Descart
denen des Aristoteles Geltung zu verschaffen,
verfolgt, bis sie endlich allein in der Wisse
herrschten. Die Philosophie des Aristoteles hat d
einen wichtigen Dienst geleistet, daß sie den Sa
sprach, daß man zu der Kenntniß der Dinge nu
die Erfahrung gelangen könne; leider hielt sie
dieser große Philosoph selbst nicht immer an
Grundsatz. Um die unermeßlichen Fortschritte,
die Naturphilosophie seit dem Impulse machte,
Descartes gab, gehörig zu beurtheilen, muß n
Arbeiten eines Huygens und Newtons kennen

Huygens, der im Jahre 1629 im Haag g
wurde, zeigte in einem Alter von dreizehn
die glücklichsten Anlagen für die Mechanik; u
Jahr 1655 beschäftigte er sich mit seinem

mit der Kunst, die Gläser zu den großen
ren zu schneiden und zu poliren. Mit Hülfe
Objektivglases, dessen Brennpunkt zwölf Fuß
und das er selbst verfertigte, entdeckte er einen
banten des Saturns. Galilei, welcher den
ismus der kleinen Schwingungen des Pendels
n hatte, war gestorben, bevor er dieselben auf
en angewandt hatte; Huyghens machte diese
e Anwendung im Jahre 1657 bekannt, welche
Geschichte der Astronomie und der Physik
macht.

dieser Entdeckung, und seit der des Galilei,
Jemand genau die Schwingungen eines Ge-
, das an einem Seile hing, dem man eine
Bewegung gab. Huyghens ersetzte dieses
e Geschäft durch die Erfindung der Hemmung,
einer beinahe nicht zu bestimmenden Vollkom-
fähig ist, und wandte bald seine Uhren zu
rung der Längen an. Man verdankt ihm
noch die merkwürdige Beobachtung, daß
ndel, die sich in keiner großen Entfernung
ander befinden, einen solchen Einfluß auf ein-
ußern, daß ihre Schwingungen auf eine strenge
terhafte Gleichförmigkeit selbst dann gebracht
wenn man ihr Zusammentreffen in Unord-
bracht hat.

dem Huyghens es dahin gebracht hatte, ein
glas zu verfertigen, das zwei und zwanzig
nnweite hatte, so studirte er das ganze Sy-
Saturns. Galilei hatte zwar bereits das
e Aussehen, welches dieser Planet zeigt, be-
aber das Fernrohr, dessen er sich bediente,
rte nicht hinlänglich genug, um die wahre
davon zu entdecken. Huyghens fand, daß
wechselnde Aussehen von einem sehr dünnen
errühre, der den Planeten umgibt, und bei-
iedene Stellungen in Beziehung auf die Erde

die scheinbare Gestalt desselben dergestalt verändere, daß sie dieselbe ganz verschwinden lassen. Man verdankt Huygens interessante Versuche über das starke Zusammenhängen, das zwei polirte, ganz ebene Metallplatten, die einige Zeit lang aneinander gerieben wurden, in dem leeren Raume zeigen. Er vermuthete damals, daß dieses Aneinanderhängen von Kräften herrühre, welche in kleinen Entfernungen wirken, und die Cohäsion hervorbringen. Er hatte, wie man dies aus einem seiner Briefe an Williams Jones ersieht, zuerst den Gedanken, daß es möglich sei, die Höhe eines Standpunkts durch den Druck der Luft an diesem Orte zu finden.

Huygens beschenkte überdies noch die Gesellschaft mit den gewöhnlichen Taschenuhren; vor ihm besaßen sie außerdem, daß sie äußerst theuer waren, wede Einfachheit noch Regelmäßigkeit, er brachte an diese plumpen Uhren die Spiralfeder an, um die Schwin gungen des Pendels zu reguliren.

Im Jahre 1690 gab er seine Abhandlun über das Licht heraus, in welcher man die mathe matische Theorie von der doppelten Brechung d Bergkrystalls findet. Man verdankt ihm auch schö Forschungen über die Abplattung der Gestalt d Erde; um diese zu bestimmen, ging er von der V kürzung des Pendels aus, welche von Richer in Nähe des Aequators beobachtet wurde, und sch daraus, daß die Schwere daselbst durch die Einw kung der Centrifugalkraft vermindert würde; er deckte sodann, daß die Verbindung dieser Kraft, w wegen der Breite und der Kugelgestalt der Erde schieden ist, den schweren Körpern kein Streben statten könne, das senkrecht gegen die Oberfläch Erde hinginge. Nachdem er gefunden hatte, da Erde gegen die Pole hin abgeplattet ist, so b *neie er die Länge der beiden Axen, von de fand, daß sie in dem Verhältnisse von 577 : 5*

einander stünden, ein Verhältniß, das beinahe um die Hälfte zu schwach ist, und dies darum, weil er nicht, wie Newton, das Gravitationsgesetz angenommen hatte.

Wie Descartes nahm Huyghens an, daß der Raum, so wie alle Körper von einer feinen und unwägbaren Flüssigkeit oder Aether erfüllt sei. Ihm zufolge verdanken die leuchtenden Körper diese Eigenschaft dem Umstande, daß ihre Theilchen, welche in eine sehr schnelle schwingende Bewegung versetzt wurden, diese Bewegung dem Aether mittheile und in demselben Wellen hervorbringe, welche denen der Schallwellen ähnlich sind, mit dem Unterschiede jedoch, daß ihre Fortpflanzung wegen der größeren Elasticität des Mediums weit schneller ist. Diese Wellen bringen, wenn sie die Netzhaut treffen, die Empfindung des Lichtes hervor.

Man sieht, daß Huyghens, um die Erscheinungen der Natur zu erklären, wie Descartes künstliche Verbindungen ersann, anstatt durch die Mathematik, wie Newton es that, die wirkende Kräfte abzuleiten, indem er sie auf bekannte Thatsachen stützte. So wollte er die Schwere durch die Annahme des Druckes einer feinen Materie erklären, die um die Erde in einer Sphäre von begränzter Ausdehnung verbreitet sei, und welche demnach, da sie eine sehr schnelle kreisförmige Bewegung, und demnach eine außerordentlich große Centrifugalkraft besitze, die Körper nach dem Mittelpunkt der Erde zu treiben strebe. Huygbens kann, wie man sieht, mit vollem Rechte mit Descartes und Galilei, als einer der Begründer der Physik angesehen werden; aber Newton gebührt der Ruhm, alle vor ihm gefundenen Thatsachen geordnet zu haben, indem er die erzeugende Kraft entdeckte und maß, und selbst die Physik mit bewundernswürdigen Entdeckungen bereicherte.

Dieser große Mann wurde im Jahre 1642., dem

Todesjahre des Galilei, geboren. Descartes herrschte um diese Zeit in der spekulativen und Naturphiloso-phie. Das Ansehen seiner metaphysischen Systeme war auf die Herrschaft gefolgt, welche vorher die des Aristoteles ausübte. Newton fand, indem er von den Gesetzen Kepler's ausging, mit Hülfe der Flu-xionsrechnung, welche er zur Erklärung des Systems der Welt erfand, daß die Anziehung der Sonne, so wie die der Erde im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung stehe. Sogleich nach der Entdeckung dieses Gesetzes wandte Newton das-selbe auf den Mond an, d. h. auf die Geschwindig-keit seiner Umlaufsbewegungen um die Erde nach seiner astronomisch bestimmten Entfernung, sodann auf die Anziehungskraft der Erde gegen die Körper, welche auf ihre Oberfläche fallen. Eine seiner wich-tigen Entdeckungen ist die Zusammensetzung des Lich-tes: als dieser große Mann seine Brechung durch Prismen untersuchte, so fand er, daß das Licht, sowie es aus den strahlenden Körpern ausströmt, keine ein-fache und gleichartige Substanz sei, wie man allge-mein glaubte, sondern daß es aus einer Menge Strahlen bestehe, welche ungleiche Brechungsver-mögen besitzen. Die Flurionsrechnung, welche große Aehnlichkeit mit der Differenzialrechnung hat, deren Erfindung man Leibnitz verdankt, die Theo-der allgemeinen Schwere, und die Zerlegung des Lichtes sind die großen Entdeckungen, welche Newton unsterblich machten; er war erst 24 Jahre alt, als er sie machte. Alle Theile der Physik wurden von der Reihe der Gegenstand seiner Forschungen, er drückte jedem derselben das Siegel seines Gei-stes auf.

Wer alle Einzelnheiten in dem Leben Newtons untersucht, sieht leicht die Schwierigkeiten ein, *welche er stoßen* mußte, um seine neuen Ansichten *über das Licht* geltend zu machen. Müde von

würfe, welche man ihm unaufhörlich machte, schrieb er an Leibnitz, daß er sich entschlossen habe, sich nicht dem Publikum preiszugeben, und klagte sich selbst der Unvorsichtigkeit an, wegen eines leeren Schattens seine Ruhe verloren zu haben. Er beschäftigte sich mit den Unterbrechungen der Reflexion und Refraktion, welche in den dünnen Platten und vielleicht nach seiner Ansicht in den letzten Theilchen der Körper bewirkt werden.

Indem er die Erscheinungen der Färbung, welche an den dicken Platten aller Körper beobachtet werden, wenn sie dem einfallenden Lichte gehörig ausgesetzt werden, zu erklären suchte, so leitete er diese Erscheinungen von den nämlichen Gesetzen ab, wie die Erscheinungen bei den dünnen Platten; sodann brachte er das Ganze in eine einzige Eigenschaft, welche folgendermaßen ausgesprochen werden kann: Jedes Lichttheilchen erleidet von dem Augenblicke an, wo es den Körper verläßt, von welchem es ausströmt, periodisch und in gleichen Zwischenräumen eine beständige Alternative von Neigungen zurückzustrahlen, oder sich durch die Flächen der durchsichtigen Körper fortzupflanzen, dies ist der Inhalt des Principes von den Anwandlungen einer leichten Reflexion und eines leichten Durchganges, das man in seiner Optik findet, die im Jahre 1704 herauskam. In einem anderen Werke, das er im Jahre 1675 herausgab, suchte er diese Eigenschaften an einer Hypothese, die sich auf das Dasein eines Aethers bezog, zu knüpfen, um daraus die Natur des Lichtes, die der Wärme und die Erklärung aller Verbindungs- oder Bewegungserscheinungen, welche von unbetastbaren und unwägbaren Stoffen herzurühren scheinen, daraus abzuleiten.

Nach Newton, und wie es vor ihm Descartes behauptet hatte, gibt es in der Natur ein für unsere Sinne *unwahrnehmbares*, sehr elastisches Fluidum,

das in dem ganzen Weltall verbreitet ist und alle Körper mit verschiedenen Graden von Dichtheit durchdringt; man nennt es Aether. Da dieser Körper sehr elastisch ist, so geht daraus hervor, daß er durch das Bestreben, sich auszudehnen, sich selbst drückt und die materiellen Theile der andern Körper mit einer mehr oder minder starken Kraft nach seiner wirklichen Dichtheit zusammenpreßt, was macht, daß alle diese Körper unaufhörlich ein Streben gegen einander äußern müssen. Wenn der Aether an irgend einem seiner Punkte erschüttert wurde, so entsprang daraus eine schwingende Bewegung, welche in das Medium, das von den Wellenbewegungen erhellt wird, fortgepflanzt wird, wie die Luft den Schall fortpflanzt, was aber wegen seiner außerordentlichen Elasticität weit schneller geschieht. Diese Wellenbewegungen sind sodann tauglich, die materiellen Theilchen selbst zu erschüttern. Newton nahm nicht mit Descartes an, daß das Licht von dem Eindrucke herrühre, der von den Wellenbewegungen des Aethers auf die Netzhaut gemacht werde, sondern er hielt das Licht für eine Substanz von einer eigenthümlichen, von dem Aether verschiedenen Natur und aus heterogenen Theilen zusammengesetzt, welche von den leuchtenden Körpern nach allen Richtungen hin mit einer außerordentlichen jedo meßbaren Geschwindigkeit ausgehen, den Aether in ihrem Wege erschüttern, in demselben Schwingungen erregen und durch das Zusammenstoßen mit denselben ihrerseits verzögert oder beschleunigt werden kön

In der 17ten, seiner Optik angehängten Fr fragt sich Newton, ob der Aether nicht gleich die allgemeine Gravitation, sowie die physiologi Erscheinungen hervorbringen würde? Alle auf Gravitation Bezug habenden Fragen wurden i Abhandlung von den Principien vorget *einem für die damalige Zeit so abstrakten* *daß höchstens drei bis vier Personen im*

waren, es zu verstehen. Huygens nahm nur einen Theil seiner Principien an, welche lange Zeit nachher von Johann Bernoulli angefochten wurden. Endlich wurde das große Princip von der allgemeinen Gravitation von den Gelehrten erst 50 Jahre nachher, nachdem es Newton der Welt bekannt gemacht hatte, vollständig angenommen.

Newton sah vollkommen ein, daß die Chemie mit der Physik verbunden werden müsse, daher gab er sich auch derselben mit einem ganz besonderen Eifer hin, wie man dies in seinen Forschungen über die Legirungen der Metalle sieht, Forschungen, die in der Absicht unternommen wurden, die vortheilhaftesten Entdeckungen für die Optik aufzufinden. Dadurch wurde er auf eine große Menge Einzelnheiten über die Beschaffenheit der Körper geführt. In seinem Werke über die dünnen Plättchen findet man sehr mannigfaltige Versuche über die Verbindungen, welche die festen oder liquiden Substanzen in ihrer Rückwirkung auf einander hervorbringen, und über das Streben und die Abneigung, die sie zu ihrer Vereinigung zu haben scheinen. Er studirte also die Chemie in Beziehung auf die Kräfte, unter denen die Wirkungen in kleiner Entfernung stehen. Wenn er von diesen Kräften spricht und nachdem er das Dasein der Molekularattraktion entdeckt hat, so sagt er ausdrücklich, daß Kräfte, welche denen ähnlich sind, die diese Attraktion hervorbringen, die aber bloß in dem Gesetze der Abnahme und der Stärke verschieden sind, die Verbindung der Elementartheile der Körper bewirken müssen. Alle Materialien, welche er in dieser Beziehung gesammelt hatte, um die Molekularattraktion an die Verwandtschaften zu knüpfen, wurden durch einen Zufall vernichtet, den die Wissenschaften immer zu bedauern haben werden. Die Papiere, in welchen diese Resultate enthalten waren, wurden, wie man erzählt, von einem Wachslichte verbrannt

das sein Lieblingshund, welcher auf seinen Schreibtisch gesprungen war, umwarf, während er sich in einem anstoßenden Zimmer befand. Dieses Ereigniß wirkte dergestalt auf ihn ein, daß seine Gesundheit und sogar sein Verstand einige Zeit lang darunter litten.

Man muß ihn gleichfalls für denjenigen halten, der zuerst den Grund zu der mechanischen Chemie legte, indem er zeigte, daß die Verbindungen von der Wirkung der Moleküle abhänge, während er zu gleicher Zeit neue Ansichten über die Zusammensetzung und die Veränderungen in dem Zustande der Körper aufstellte. Newton hat also der allgemeinen Naturlehre, sowie den Anwendungen des Calkuls auf die natürlichen Erscheinungen einen großen Impuls gegeben. Seine Zeitgenossen und die Philosophen, welche nachher kamen, durften nur auf dem Wege fortwandeln, den dieser große Mann vorgezeichnet hatte.

Von Newton datirt sich das Studium der Kräfte her, auf welche man alle Erscheinungen beziehen muß. Dieser große Philosoph beobachtete oder klassifizirte die Thatsachen nur darum, um auf die Kräfte zu kommen. Er hat sich nicht bloß mit der Anziehung der Massen in großen Entfernungen, sondern auch mit der abgegeben, die sich in kleinen Weiten zwischen den Theilchen der Körper offenbart. Newton ist es also, welcher den Grund zu der Naturphilosophie legte. Der Impuls war so groß, daß man nach und nach auf die Hypothese und auf die schwankenden Principien, welche so viele Jahrhunderte hindurch den Gang des menschlichen Geistes verzögert hatten, Verzicht leistete: daher folgten auch die Entdeckungen in allen Zweigen der Wissenschaften und der Künste, welche von denselben abhängen, rasch aufeinander; die Optik vorzüglich machte ungeheure Fortschritte. Alles verkettet sich in den Wissenschaften; die Vervollkommnungen der Astronomie dienten dazu,

biet der Geographie und der Schifffahrt zu
n. Bei dem Studiren der Gesetze der Be-
sah man die Nothwendigkeit ein, die Prin-
er Mechanik anzuwenden. Die Mathematik
un unerläßlich, und man sah sich genöthigt,
zu entwickeln, um sie auf die neuen Ent-
n anwenden zu können.

Geschichte der Wissenschaften in dem Mittel-
, so zu sagen, die der Menschen, welche sie
denn man sieht nur hie und da höhere Gei-
sich einzig Forschungen hingaben, welche sie
Entdeckung von Thatsachen leiteten, womit
allein beschäftigten; so sehr waren die Wissen-
auf einen engen Kreis von Philosophen be-
, welche ohne die Mitwirkung anderer Gelehr-
eiteten. Diese Lage der Dinge änderte sich
icklich, sowie sich das Studium der Wissen-
in der Gesellschaft verbreitete, sowie sich Ge-
aus verschiedenen Ländern mit Forschungen
gten, die sich auf den nämlichen Gegenstand
und sowie Akademien errichtet wurden. Von
Zeit an war die Geschichte der Wissenschaft
hr ausschließend die der Menschen, welche sie
auf der anderen Seite weckten die Entde-
Newtons einen allgemeinen Wetteifer in dem
es achtzehnten Jahrhunderts; daher erhielt
ktricität, das Licht, die Wärme, der Magne-
die Akustik u. s. w. außerordentliche Entwick-

In unseren Tagen bildet jeder dieser Theile
gen eine Wissenschaft für sich, deren Studium
t, um das Leben eines einzelnen Menschen
szufüllen. Wir fühlen uns auf diese Weise
st, die bisher befolgte Ordnung zu ändern,
auf eine *gedrängte* Weise das wissenschaftliche
er Männer anzugeben, welche zu den Fort-
der allgemeinen Naturlehre bis auf und mit
am meisten beigetragen haben, wollen wir

das sein Lieblingshund, welcher auf seinen Schr
tisch gesprungen war, umwarf, während er sic
einem anstoßenden Zimmer befand. Dieses Ereig
wirkte dergestalt auf ihn ein, daß seine Gesund
und sogar sein Verstand einige Zeit lang daru
litten.

Man muß ihn gleichfalls für denjenigen hal
der zuerst den Grund zu der mechanischen Ch
legte, indem er zeigte, daß die Verbindungen
der Wirkung der Moleküle abhänge, während e
gleicher Zeit neue Ansichten über die Zusammensetz
und die Veränderungen in dem Zustande der Kö
aufstellte. Newton hat also der allgemeinen Na
lehre, sowie den Anwendungen des Calkuls auf
natürlichen Erscheinungen einen großen Impuls g
ben. Seine Zeitgenossen und die Philosophen, w
nachher kamen, durften nur auf dem Wege fortw
deln, den dieser große Mann vorgezeichnet hatte

Von Newton datirt sich das Studium der Kr
her, auf welche man alle Erscheinungen beziehen
Dieser große Philosoph beobachtete oder klassifi
die Thatsachen nur darum, um auf die Kräfte
kommen. Er hat sich nicht bloß mit der Anzieh
der Massen in großen Entfernungen, sondern
mit der abgegeben, die sich in kleinen Weiten
schen den Theilchen der Körper offenbart. Ne
ist es also, welcher den Grund zu der Naturph
sophie legte. Der Impuls war so groß, daß
nach und nach auf die Hypothese und auf die schw
kenden Principien, welche so viele Jahrhunderte
durch den Gang des menschlichen Geistes verzö
hatten, Verzicht leistete: daher folgten auch die
deckungen in allen Zweigen der Wissenschaften
der Künste, welche von denselben abhängen, r
aufeinander; die Optik vorzüglich machte ungeh
Fortschritte. Alles verkettet sich in den Wissenschaf
die Vervollkommnungen der Astronomie dienten d

das Gebiet der Geographie und der Schifffahrt zu erweitern. Bei dem Studiren der Gesetze der Bewegung sah man die Nothwendigkeit ein, die Principien der Mechanik anzuwenden. Die Mathematik wurde nun unerläßlich, und man sah sich genöthigt, sie mehr zu entwickeln, um sie auf die neuen Entdeckungen anwenden zu können.

Die Geschichte der Wissenschaften in dem Mittelalter ist, so zu sagen, die der Menschen, welche sie trieben, denn man sieht nur hie und da höhere Geister, die sich einzig Forschungen hingaben, welche sie auf die Entdeckung von Thatsachen leiteten, womit sie sich allein beschäftigten; so sehr waren die Wissenschaften auf einen engen Kreis von Philosophen beschränkt, welche ohne die Mitwirkung anderer Gelehrten arbeiteten. Diese Lage der Dinge änderte sich augenblicklich, sowie sich das Studium der Wissenschaften in der Gesellschaft verbreitete, sowie sich Gelehrte aus verschiedenen Ländern mit Forschungen beschäftigten, die sich auf den nämlichen Gegenstand bezogen und sowie Akademien errichtet wurden. Von dieser Zeit an war die Geschichte der Wissenschaft nicht mehr ausschließend die der Menschen, welche sie trieben; auf der anderen Seite weckten die Entdeckungen Newtons einen allgemeinen Wetteifer in dem Laufe des achtzehnten Jahrhunderts; daher erhielt die Elektricität, das Licht, die Wärme, der Magnetismus, die Akustik u. s. w. außerordentliche Entwicklungen. In unseren Tagen bildet jeder dieser Theile so zu sagen eine Wissenschaft für sich, deren Studium hinreicht, um das Leben eines einzelnen Menschen ganz auszufüllen. Wir fühlen uns auf diese Weise veranlaßt, die bisher befolgte Ordnung zu ändern, anstatt auf eine gedrängte Weise das wissenschaftliche Leben der Männer anzugeben, welche zu den Fortschritten der allgemeinen Naturlehre bis auf und mit *Newton am meisten* beigetragen haben, wollen wir

jetzt die hauptsächlichsten Thatsachen angeben, welche seitdem in jedem der Zweige, woraus sie besteht, entdeckt worden sind. Wir wollen mit der Elektricität anfangen, welche wegen ihrer Verhältnisse zu dem Lichte, zu der Wärme, zu den Verwandtschaften, zu dem Magnetismus, und wegen ihres Vorkommens bei den meisten Naturerscheinungen die erste Stelle einnehmen muß; wir werden sodann die anderen Theile in folgender Ordnung vortragen: Magnetismus, Licht, Wärme, Schwere, Capillarerscheinungen und Akustik. Wir werden also zuerst von den imponderablen Flüssigkeiten, sodann von den Theilen sprechen, die wir brauchen, um die Molekularbeschaffenheit der Körper zu studiren.

Indem wir den gedrängten Umriß unserer Hauptkenntnisse in der Physik, besonders derjenigen aufstellen, welche uns für dieses Werk nothwendig sein werden, haben wir besonders im Auge gehabt, an die allgemeinen Principien der Wissenschaft zu erinnern, damit wir nicht mehr nöthig haben, auf dieselbe zurückzukommen und dem Leser die Mühe zu ersparen, zu physikalischen Abhandlungen seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Viertes Kapitel.

Von der Elektricität.

Bis zu Anfang des 17. Jahrhunderts kannte man von der Elektricität nur die anziehende Kraft des Bernsteins und einiger Substanzen, welche gerieben worden waren, und mannigfaltige Lichterscheinungen, denen man aber noch keinen elektrischen Ursprung zuschrieb. Gilbert, ein englischer Arzt, gab um diese Zeit ein sehr merkwürdiges Werk unter dem Titel: *de Magnete*, heraus, in welchem er eine große Anzahl von Körpern, welche alle die Eigenschaften des

ins hatten, und die für die Erzeugung des
nens günstigsten Umstände angab.
das Jahr 1670 verfertigte Otto von Guericke,
ir die Luftpumpe verdanken, auch die erste Elek-
aschine, die aus einer Schwefelkugel bestand,
welche eine Horizontalaxe ging, der man mit
en Hand eine drehende Bewegung gab, wäh-
ie andere Hand auf die Kugel drückte und durch
eibung eine beträchtlichere Elektricitätsentwick-
ervorbrachte, als man bisher erhalten hatte,
elche ein Lichtstreifen begleitete. Newton fand
hre 1675, daß sich die elektrische Anziehung
das Glas fortpflanze; er behauptete überdies,
e Erzeugung der Elektricität vielleicht das Re-
eines ätherischen Princips sei, das durch die
ngung der Theilchen der geriebenen Körper in
ung gesetzt werde; vielleicht ahnte Newton die
iche Ursache der elektrischen Erscheinungen.
ey zeigte im Jahre 1727, daß nicht alle Kör-
s nämliche leitende Vermögen besitzen; daß die
wie die Metalle, die Elektricität auf große
fortleiten, während andere, wie Glas und
, ihr keinen Durchgang gestatten, oder sie we-
s nur unvollkommen fortpflanzen. Bis dahin
die Forschungen über die Elektricität nur auf
mene der Anziehung, des Zurückstoßens, der Leit-
und des Lichtes Bezug; aber plötzlich erhielt
Theil der Physik einen starken Impuls von
, welcher im Jahre 1733, nachdem er gezeigt
daß die leitenden Körper, wenn sie isolirt wer-
gleichfalls elektrisirt werden können, bekannt
, daß es zwei elektrische Stoffe gebe, deren
igung das natürliche Fluidum bildet: der eine
Glaselektricität genannt, der andere
elektricität. Er machte zu gleicher Zeit die
schaften einer jeden derselben bekannt. Gleich-
Elektricitäten stoßen sich ab, ungleichartige

ziehen sich an. Die Elektrisirmaschine erhielt
hinter einander wichtige Vervollkommnungen;
der Hand nahm man Kissen, und Glaskugeln tr
an die Stelle der Schwefelcylinder. Im Jahre 1
erhielt man schon Funken, mit denen man kleine Th
tödten, brennbare Körper entzünden konnte; zwei J
später erfand Cuneus von Leyden oder Muschen
(man weiß nicht ganz genau, welcher von beid
die Leydener Flasche, deren Wirkung ein eben so
gemeines Staunen hervorbrachte, wie das, wel
der erste Funken erregte, der von Dufay dem me
lichen Körper entlockt wurde. Versuche wurden so
in Frankreich und in England, aber ohne Erfolg
der Absicht angestellt, die Schnelligkeit der Elek
tät zu bestimmen. Von dieser Zeit an war man
die Aehnlichkeit zwischen den Wirkungen der ele
schen Erschütterung und denen des Blitzstrahles
Tödtung der Thiere, in der Organisirung der Pf
zen, in Zertrümmerung der Körper, in Entzünd
des Harzes, des Alkohols ganz erstaunt.

Im Jahre 1744 stellte Franklin einige Vers
in der Absicht an, diese Aehnlichkeit zu beweisen
waren das Vorspiel zu den unermeßlichen Dien
welche er einmal seinem Lande und der Mensch
dadurch erwies, daß er die Elektricitätswissens
mit hohem Scharfsinne trieb. Es blieb nichts
zu thun übrig, als den Stoff des Blitzes selb
sammeln. Dieser wichtige Versuch wurde bei
gleichzeitig angestellt in Frankreich den 10. Mai
von Dalibart und in Amerika im Juni desse
Jahres von Franklin; sie bedienten sich der Dra
welche sie in die Wolken steigen ließen, und w
den Beobachtern, vermittelst der Schnur, die so
gewünschte Elektricität lieferte. Im Jahre 1756
hielt Romas die erstaunlichsten Resultate mit H
eines Drachen von 2,33 Meter, der in eine Höhe
160 Meter stieg; er hatte eine Schnur, die mit ei

alldrahte umflochten war. Er sah aus seinem
rate Funken in einer Länge von drei Metern,
),08 bis 0,10 Meter im Durchmesser hatten, her-
ahren. Franklin entdeckte bald den Einfluß der
zen, und wandte sie bei den Blitzableitern an.
Wissenschaft verdankt ihm überdies, daß er es
achte, alle bekannte Thatsachen in eine methodische
nung zu bringen. Zu diesem Ende schuf er ein
em, das noch seine Anhänger hat, obschon es den
rderungen der Wissenschaft nicht mehr genügt.
er Philosoph stellte den Grundsatz auf, daß die
kungen der Elektricität das Resultat der Bewe-
g eines besonderen Fluidums seien, das durch
ulsion auf seine eigenen Moleküle und durch An-
ung auf die der Materie wirke, daß sich in den
pern eine gewisse Menge von dem Fluidum in
ntem Zustande befinde, und daß, wenn sich diese
nge vermehre oder vermindere, der Körper Elek-
tät äußern müsse. Bei diesem Systeme war die
selektricität positiv, die Harzelektricität die nega-
Elektricität. Die Elektricität wurde um diese
so volksthümlich, daß man die elektrischen Appa-
aus dem Kabinet des Physikers auf den Markt-
z in die Hände des Taschenspielers wandern sah.
Wirkungen durch Vertheilung, welche ein elektri-
r Körper auf einen isolirten, in geringer Entfer-
g von ihm befindlichen Körper ausübt, scheinen
erſten Mal von den Missionären in Peking be-
chtet worden zu sein, welche sie in Europa im
re 1755 bekannt machten. Diese Wirkungen wur-
von Canton, Oepinus, Wilke, Signa, Franklin,
sie auf die Zaubergemälde anwandte, Beccaria und
lta studirt; Wilke aber und Oepinus sind die Physiker,
che diesen Theil der Elektricität am meisten beför-
ten. Der allgemeine Grundsatz kann folgender-
ßen ausgesprochen werden: Wenn ein elektrisirter
rper sich in einer geringen Entfernung von einem

solirten und nicht elektrisirten Körper befin-
erlegt jener Körper die natürliche Elektricität
em, zieht die ungleichnamige an und stößt
ere in den entferntesten Theil zurück, berührt
esen, so ist der Körper elektrisirt. Man machte
f allen Seiten an's Werk, um die allgemeinsten
chaften dieses sonderbaren Agens zu studiren.
anier beobachtete zuerst, daß sich fast immer in der
positive Elektricität befinde, ohne daß ein Anschein
Gewitter da wäre, und daß diese Elektricität alle
Stunden regelmäßigen Abwechslungen der Inten-
t unterworfen sei, deren Gesetze Beccaria angab.
ilke, Oepinus und andere Physiker beschäftigten sich
it den Eigenschaften des erwärmten Turmalins;
Oepinus bewies, daß die Wirkungen elektrisch seien
und Canton bestimmte die Gesetze derselben. Er be-
wies wirklich, daß der Turmalin die Polarität nur
dann erlange, wenn er sich in dem Zustande der
Erwärmung oder Abkühlung befinde und daß in bei-
den Fällen eine Umkehrung der Pole stattfinde, d. h.
daß der Pol, der im ersten Fall positiv war, negativ
werde und umgekehrt.

Um das Jahr 1764 fing man schon an, den Ein-
fluß zu erforschen, welchen die Elektricität als chemische
Kraft haben könnte. Franklin beobachtete, daß das
Eisen, dadurch glühend werde, wenn es vielen elek-
trischen Entladungen ausgesetzt werde; Priestley machte
in Form von Fragen bekannt, daß es möglich sei, die
blauen Farben der Pflanzen vermittelst der Elektricität
in Roth zu verwandeln; Beccaria schmolz das Glas,
den Borax durch elektrische Entladungen, stellte die
Metalle aus ihren Oxyden wieder her und zersetzte
das Schwefelqueckfilber. Der erste beobachtete, daß,
wenn man zwischen zwei leitenden Drähten Funken
in das Wasser gehen lasse, Gase aus demselben em-
porsteigen, deren Natur er nicht bestimmte. Di
Wirkungen durch Vertheilung führen fort, die Au

t der Physiker zu beschäftigen, so wie die
g der elektrischen Flüssigkeit auf der Ober-
elektrisirten Körper; Beccaria bewies, daß
nze Elektricität auf ihre Oberfläche begebe;
zeigte, daß bei gleichen Oberflächen zwi-
Körpern die Gestalt eines jeden derselben
fluß auf die Verbreitung der Elektricität
Im Jahre 1798 zeigte Volta, daß von
dern, von gleicher Oberfläche, der längere
Ladung erhielt. Das Jahr zuvor war er
icklichen Gedanken gekommen, eine Mischung
rstoff und Sauerstoff durch den Funken in
arate zu entzünden, den man seitdem Eu-
genannt hat, und den man heutzutage in
kalischen Kabinetten antrifft. Dieser Phy-
le auch den Condensator, mit dessen Hülfe
kleine Mengen von Elektricität sammeln
lomb brachte es vom Jahre 1785—86 um
en Schritt weiter; er entdeckte, vermittelst
age, erstens die Gesetze, nach welchen die
Anziehungen und Zurückstoßungen vor sich
esetze, welche die nämlichen sind, wie die,
Bewegung der Planeten um die Sonne
d. h. daß diese Wirkungen im geraden Ver-
er Mengen von Elektricität, welche die bei-
er gegenüberstehenden Körper besitzen und
hrten Verhältnisse mit dem Quadrate der
z stattfinden; zweitens die Gesetze, nach
e auf einer Fläche angehäufte Elektricität
er durch die Berührung mit der Luft oder
Stützen verliert, welche sie nur unvollkom-
halten. Bei einer und derselben Beschaf-
Luft in einer sehr kurzen Zeit ist der Ver-
hrer Intensität proportional. Was die
Fähigkeit anbetrifft, so bestimmte er den
elektrischen Rückwirkung, bei welchem jede
kommen zu isoliren anfängt; die Intensität

dieser Rückwirkung ist der Quadratwurzel ihrer
proportional. Coulomb bestätigte die Thatsache,
von Beccaria in Beziehung auf die Verbreitu
Elektricität über der Oberfläche der Körper beo
wurde; aber er ging weiter und bestimmte mit
der Drehwage und einer kleinen metallenen
platte, die sich an einem isolirenden Stiele b
mit welcher er nach einander alle Theile eines
pers berührte, und welche er sodann in die
legte; er bestimmte, sage ich, strenge die Verbr
der Elektricität auf Körpern von cylindrische
conischer Gestalt, sowie auf dünnen und is
Platten. Bei diesen letzteren, sowie bei seh
längerten Cylindern fand er, daß Elektricitäts
fung an den Endpunkten stattfinde; und ging v
zur Erklärung der Macht der Spitzen über.

So viele neue Thatsachen fingen an, die
vermuthen zu lassen, welche das elektrische Fl
spielen müsse. Man übertrieb sich sogar seine
tigkeit; so sehr gab dieses Agens zur Täuschun
anlassung, wie dasselbe auch heutzutage noch ge
es war aber unmöglich damals zu ahnen, n
seine Wirkung bei den Molekularerscheinungen
könne. Volta, der sich bereits durch Erfindun
schiedener werthvoller Instrumente als Physiker b
gemacht hatte, sollte uns das Mittel an die
geben, die Verhältnisse zwischen den Verwandts
und den elektrischen Kräften zu begründen.
physiologischen Wirkungen, welche die Elektrici
zeugte, hatten die Aufmerksamkeit der Physike
schwach auf sich gezogen, als im Jahre 179
Zufall, aber einer jener glücklichen Zufälle, au
chem ein geistvoller Mann allein Vortheil zu
versteht, Galvani, Professor der Anatomie z
logna, auf die Entdeckung eines Princips b
dessen Anwendungen für die Naturphilosophie n
berechnen sind, und das folgendermaßen lautet:

e Schenkelmuskeln eines frisch getödteten Fro-
it einer Metallwaffnung, die Lendennerven mit
Baffnung von einem andern Metalle umgibt
de Metalle mit einander in Berührung bringt,
t der Frosch augenblicklich. Galvani schrieb
rscheinung dem Dasein einer Elektricität zu,
dem Thiersysteme eigenthümlich ist, und welche
Vermittlung des Metallbogens von den Mus-
die Nerven übergeht. Diese Theorie war
genstand eines langen Streites zwischen Gal-
id mehreren Physikern und unter andern Volta,
or der Physik zu Pavia. Volta bemühte sich
eisen, daß es keine Elektricität gebe, die den
i eigen sei, daß diese nur wegen der Feuchtig-
omit die Muskeln und die Nerven getränkt
u Leitern diene, und daß die physiologische Wir-
uf Rechnung der Elektricität gesetzt werden
die bei der Berührung der beiden Metalle frei
nd welche er mit seinem Condensator sammelte.
ni bekämpfte diese Meinung, indem er zeigte,
r Metallbogen zu Erregung der Zuckungen
öthig wäre, weil sie gleichfalls stattfänden,
nan die Muskeln und die Nerven mit einan-
Berührung brächte. Volta antwortete, daß
Umstand nur eine Verallgemeinerung seines
atzes sei, nach welchem zwei verschiedene Kör-
elche hinreichend gute Leiter sind, sie mögen
uid oder fest sein, sich durch ihre gegenseitige
ung in zwei verschiedene elektrische Zustände
n. Die Contacttheorie wurde gleich bei ihrem
en von mehreren Physikern, unter andern von
i angegriffen, welcher sich auf interessante
e stützte und zuerst behauptete, daß die durch
ntact entwickelte Elektricität eine chemische Wir-
r Ursache habe. Auf allen Seiten beschäftigte
h mit den Erscheinungen des Galvani und des
die Schule der Medizin zu Paris nahm

wegen ihrer Anwendungen auf die Physiologie einen lebhaften Antheil an dem Galvanismus. Eine Commission wurde ernannt, um die Versuche zu wiederholen und auszudehnen, ohne daß aber etwas besonders Interessantes für die Heilkunde hervorkam. Das Nationalinstitut, das auch von der allgemeinen Bewegung aufgeregt wurde, ernannte gleichfalls eine Commission, um die galvanischen Erscheinungen zu untersuchen und zu prüfen. Man untersuchte hintereinander alle Organe des Menschen, der Thiere und der Pflanzen durch den Metallreiz, d. h. durch den Reiz der Elektricität, die sich bei dem Contacte von zwei Metallen zeigt. Man glaubte einen der Lebensfäden fassen zu können. Humboldt, welcher damals seine wissenschaftliche Laufbahn begann, gab im Jahre 1798 ein Werk über den Galvanismus heraus, in welchem man einige interessante Thatsachen findet.

Der Kampf dauerte immer zwischen den Anhängern Galvani's und denen des Contactes fort, als am 20. März 1800 Volta an J. Bank, den Präsidenten der königlichen Gesellschaft in London schrieb, um ihm eine von jenen wichtigen Entdeckungen anzukünden, welche die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich ziehen und den Wissenschaften eine neue Richtung geben. Volta hatte die Säule erfunden, das merkwürdigste Instrument, das die Wissenschaften hervorgebracht haben und dem die öffentliche Dankbarkeit den Namen ihres Entdeckers gab. Bald darauf entdeckten Nicholson und Carlisle bei der Analysirung des Uebergangs der Elektricität von der Säule in eine Flüssigkeit vermittelst zweier Metalldrähte, die mit den Polen in Verbindung standen, die Zersetzung des Wassers: der Sauerstoff entwickelte, sich an der positiven und der Wasserstoff an der negativen Seite. Nicholson bemerkte sodann die Zersetzung der Metallsalze; endlich nahm Berzelius diese Versuche wieder auf und studirte verschiedene Einzelnheiten derselben mit seinem

gewohnten Scharfsinne. Es wurde sodann gehörig bewiesen, daß sich der Sauerstoff und die Säuren an den positiven Pol, der Wasserstoff und die Basen an den negativen Pol begeben. Ueberall machte man sich an's Werk, die chemische Wirkung der Elektricität zu studiren.

Im Jahre 1801 kam Volta nach Paris, um seine Theorie von der Säule vor der Klasse der physischen und mathematischen Wissenschaften des Nationalinstitutes vorzutragen. Napoleon, welcher der Sitzung beiwohnte, schlug nach einigen höchst interessanten Bemerkungen vor, dem Volta für seine wichtige Entdeckung eine goldene Medaille zu dekretiren. Eine Commission, welche zu diesem Ende ernannt wurde, ratifizirte den Antrag des ersten Consuls, der für den Galvanismus leidenschaftlich eingenommen war, über welchen er sich gern mit den Gelehrten unterhielt. Er hatte gleich bei den ersten Entdeckungen Volta's den ganzen Nutzen eingesehen, den man für die Naturphilosophie aus demselben ziehen könnte; er bewies es, indem er den 26. Prairial im Jahre X. (1802) zwei Preise aussetzte, den einen von 3000 Franken für den besten Versuch, der in dem Laufe eines jeden Jahres über das elektrische Fluidum angestellt würde, und den andern von 60,000 Franken für denjenigen, welcher durch seine Versuche und seine Entdeckungen die Elektricität und den Galvanismus um einen solchen Schritt weiter brächte, der mit demjenigen verglichen werden könnte, den Franklin und Volta die Wissenschaft hatten machen lassen. Dieser letzte Preis wurde nie zuerkannt. Der Aufruf, den Napoleon an die Physiker ergehen ließ, rief auf allen Seiten Forschungen über die Anwendung der Säule ins Leben.

Im Juni 1801 machten Thenard und Hachette seine *Metalldrähte, welche* die beiden Pole einer

Säule verbanden, glühend. Auf allen Seiten suchte man Säulen zu erbauen, welche lange und auf eine merklich gleichförmige Weise wirksam sein könnten; die Wissenschaft war aber noch nicht weit genug vorangeschritten, als daß man jetzt schon die Aufgabe lösen konnte. Davy, welcher durch seine Werke die Aufmerksamkeit des Publikums auf sich zu ziehen anfing, erbaute verschiedene Arten, und zeigte zu gleicher Zeit, daß man die Pole nach Belieben umkehren könne; er bediente sich zu diesem Ende kupferner und eiserner Scheiben, die mit einer Auflösung von Schwefelkalium ihre Dienste verrichteten. Da die senkrechte Säule Volta's große Nachtheile mit sich führte, wenn die Zahl der Paare beträchtlich war, so ersann Cruikshans eine horizontale, deren Paare sich in einem hölzernen Troge befanden: diese Anordnung ist in der Wissenschaft geblieben. Pepys machte bekannt, daß die Gegenwart des Sauerstoffes zu den Verrichtungen der Säule unerläßlich sei; Biot und F. Cuvier bestätigten diese Thatsache und studirten die Folgerungen, die man daraus ziehen könne. Um die Identität der galvanischen mit der gewöhnlichen Elektricität darzuthun, und demnach jeden Zweifel zu heben, der etwa noch in dieser Beziehung obwalten könnte, zeigte Wollaston, daß man mit der gewöhnlichen Elektricität alle chemische Wirkungen der Säule hervorbringen könne; zu diesem Ende durfte er nur die Elektricität durch die Spitzen von sehr feinen Metalldrähten, die in gläsernen Röhren staken, die an einem Ende zusammengeschmolzen waren, in eine Auflösung gelangen lassen. Dieser Versuch warf die Theorie Galvani's gänzlich über den Haufen. Ritter, der sich dem Studium der chemischen Eigenschaften der Säule mit Eifer hingab, beobachtete, daß zwei Platinaplatten, die zu der Zersetzung des Wassers gedient hatten, eine polarische Eigenschaft erhielten, vermöge welcher sie in den Stand gesetzt wurden,

secundären Strom hervorzubringen, der in entgesetzter Richtung gebe, wenn man sie mit einem te aus eben diesem Metalle in Verbindung bringe. diesem Grundsatze ging er aus, um secundäre en aus Scheiben von einem und demselben Me- und Rondellen aus angefeuchteter Pappe zu n.

Die chemische Wirkung der Säule beschäftigte lle alle Geister. Davy untersuchte die Erschei- n der Wärme, welche bei den elektrochemischen gungen erzeugt wurde, und dies war das Vor- von den glanzvollen Entdeckungen, womit er die physico-chemischen Wissenschaften bereicherte. Die Versuche Nicholsons, Berzelius und anderer ker hatten die Zersetzung des Wassers und der e vermittelst der Säule zu erkennen gegeben; lieben aber noch die hervorgebrachten Erschei- en zu analysiren übrig, indem man die Natur eitenden Drähte mit in Anschlag brachte. Ber- s und Hisinger nahmen diese Frage auf sich und n eine Menge neuer Resultate, die sich Jedem ten, der mit Scharfsinn die Säule befragte: untersuchte gleichfalls ihre Wirkung auf die or- schen Substanzen.

Brugnatelli bemerkte, daß das Blut an dem po- n Pole gerann, und sich entfärbte, während es negativen Pole eine schwarze Farbe erhielt. An- thlektische Flüssigkeiten verhielten sich ebenso. Den Thermidor im Jahre X. machten Vassali Eandi, io und Rossi das Resultat chemischer Versuche dem Herzen, mit den Pulsadern und mit den wern geköpfter, gehenkter oder ertrunkener Per- t bekannt. Sie sagten, daß das Herz eines von ersten Organen sei, das seine galvanische Reiz- it verliere.

Die Aerzte arbeiteten von ihrer Seite daran, heile *aus der physiologischen* Wirkung der Säule

zur Erleichterung der leidenden Menschheit zu ziehen; die Resultate entsprachen aber nicht ihrer Erwartung. Keine Theorie ist bis jetzt noch erschienen, welche die elektro-chemischen Zersetzungen erklärte; Grotthus schlug eine vor, welche noch bis auf einen gewissen Grad die Bedürfnisse der Wissenschaft befriedigt. Er ging von dem Grundsatze aus, daß das Wasser oder jede Auflösung, welche der Einwirkung der Säule ausgesetzt wird, eine wahre secundäre Säule sei, deren constituirende Theile der Einwirkung des Stromes gehorchen, welcher durch die Polarisirung derselben, sie nach der Reihe aus der Stelle bringt und sie bis an die Pole schafft, wo sie anhalten, weil sie nicht in das Metall eindringen können.

Wir kommen auf das Jahr 1806, eine Zeit, welche eine neue Aere für die Elektro-Chemie begründete. Davy hatte bereits Werke herausgegeben, welche die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf ihn zogen, die ihn aber noch nicht besonders auszeichneten. Die Erscheinungen der Zersetzung waren immer in ein großes Dunkel gehüllt: man konnte z. B. nicht erklären, warum man, wenn man die Zersetzung des destillirten Wassers in gläsernen Gefäßen bewerkstelligte, Natron am negativen Pole und Chlor am positiven Pole bekäme. Aehnliche Wirkungen wurden in Gefäßen von verschiedener Natur hervorgebracht.

Davy bewies, daß die gesammelten Substanzen von den Gefäßen selbst herrühren, deren Elemente unter dem Einflusse der Elektricität getrennt werden; er zeigte die Richtigkeit dieser Thatsache an einer großen Anzahl von Fällen. Als er gefunden hatte, daß, wenn man die gut gewaschenen Finger mit destillirtem Wasser in Berührung bringt, das einen Theil einer voltaischen Kette ausmacht, auf der positiven Seite eine Mischung von Schwefel-, Salz- und Phosphorsäure und auf der negativen Seite eine *alkalinische* Substanz erhielt; er kam von der Zeit

an auf den Gedanken, in die Organe lebender Thiere verschiedene saure oder alkalinische Substanzen zu bringen, um die constituirenden Theile dieser Organe oder die Aussonderungen, welche sie hervorbringen, zu modifiziren.

Immer mit dem Gedanken beschäftigt, daß man es mit der Elektricität dahin bringen könne, die stärksten Verwandtschaften, sogar die zu besiegen, welche bis jetzt den kräftigsten Mitteln der Chemie Widerstand geleistet hatten, versuchte er es, die Alkalien zu reduziren, die man im Verdachte hatte, daß sie Oxyde seien, d. h. die Metalle aus ihnen zu gewinnen, von denen man annahm, daß sie die Radikale derselben seien. Er erhielt auch wirklich an dem negativen Pole von einer mit 250 Elementen kleine Kügelchen, welche den Metallglanz hatten, und welche in der Berührung mit dem Wasser mit Explosion verbrannten, indem sie Kali oder Natron hervorbrachten. Das lebhafte Abbrennen, das in dem Augenblicke der Berührung mit dem Wasser stattfand, rührte von der Zersetzung des letztern her. Davy brachte es auch noch dahin, eine größere Menge Kalium und Natrium (Namen, welche diesen neuen Metallen gegeben wurden) dadurch zu erhalten, daß er sie im Augenblicke ihres Erscheinens unmittelbar mit dem Quecksilber verband, und dieses letztere sodann durch die Hitze verflüchtigte. Er bildete auf die nämliche Weise die Amalgame mit Barium, Calcium und Strontium; die Magnesia und die andern Erdarten gewährten kein Resultat. Was das Ammoniak anbetrifft, so hatte Seebeck um dieselbe Zeit aus diesem Alkali ein festes Amalgam erhalten; diese neue Mischung war der Gegenstand eines Streites zwischen Davy und Gay-Lussac und Thenard, nach welchem es entschieden blieb, daß dieses Amalgam nur eine Verbindung von Ammoniak, Quecksilber und Wasserstoff sei.

Die Erfahrung hatte gleich anfangs bewiesen, daß

man eines von den beiden Metallen der Säule zerstören müsse, um die Säule in Thätigkeit zu erhalten. Man versuchte, ob es nicht möglich wäre, zu dem nämlichen Zwecke ohne Anwendung einer Flüssigkeit zu gelangen. Die ersten Versuche, welche in dieser Hinsicht im Jahre 1802 angestellt wurden, rühren von Hachette und Desormes her, welche die Flüssigkeit durch Stärkekleister ersetzten. Im Jahre 1809 erfand Deluc eine Verbindung voltaischer Paare, welche eine elektrische Spannung hervorbrachte; Zamboni vervollkommnete diesen Apparat, dem man den Namen trockene Säule gab, welche bis jetzt der Wissenschaft wenige Dienste leistete.

Während man sich mit den chemischen Wirkungen der Säule beschäftigte, suchte man die Verhältnisse zwischen den Verwandtschaften und den elektrischen Kräften zu begründen. Vor der Entdeckung der Säule hatten die Physiker, und wir wollen den Abbé Nollet an die Spitze stellen, freilich auf eine unbestimmte Weise behauptet, daß die Elektricität das Elementarfeuer sei, welches die Wärme, das Licht, die magnetischen und chemischen Wirkungen hervorbringe. Um diese Zeit hatte man nur eine Ahnung von der wichtigen Rolle, welche die Elektricität in der Natur spielen sollte. Wilke und Ritter hatten es gleichfalls versucht, diese Lehre zu begründen, sowie Winterle, welcher wegen der Art und Weise, mit welcher er die saure und alkalinische Beschaffenheit betrachtete, die Geister auf die Annahme einer elektrochemischen Theorie vorbereitet. Im Jahre 1799 und 1800 hatte Oerstedt mehrere Denkschriften in der Absicht herausgegeben, die Identität zwischen den elektrischen und den chemischen Kräften darzuthun; aber die damals bekannten Thatsachen waren nicht geeignet, allen ausgesprochenen Ideen vielen Bestand zu geben. Die *theoretischen* Ansichten, welche in demselben enthalten *sind, führten ihn* später auf die Entdeckung der Wir-

lung eines elektrischen Stromes, auf einen Magnet. Die Wissenschaft war nun auf dem Punkte angelangt, daß man nicht wußte, welche Theorie man zu Erklärung der chemischen, Wärme erregenden und leuchtenden Phänomene annehmen solle, als Davy den Grund zu einer elektrochemischen Theorie legte, indem er sich auf Versuche stützte, wovon mehrere nicht ganz genau sind; sie hatte aber den Vortheil, daß alle Gelehrte mit ihr übereinstimmten. Die Grundlagen dieser Theorie sind folgende. Jedesmal, wenn zwei Substanzen sich mit einander verbinden können, so stellen sie sich durch ihren gegenseitigen Contact in zwei verschiedene elektrische Zustände, und wenn diese beiden Zustände hinlänglich erhöht sind, um den Molekülen eine Attraktivkraft zu verleihen, welche höher als ihr Aggregationsvermögen ist, so bricht in Folge der Vereinigung der beiden Elektricitäten Feuer, d. h. Wärme und Licht aus: und es bildet sich alsdann eine Verbindung; die Zeichen der Elektricität verschwinden, wenn die Verbindung beginnt. Man sah die Ursache nicht, durch welche die Molekülen aneinander hingen; Davy umging also die Schwierigkeit.

Berzelius nahm diese Theorie wieder auf, entwickelte sie außerordentlich und machte sie zur Grundlage der neueren Chemie. Man verdankt es ihm besonders, daß er Verhältnisse zwischen dem elektrischen Vermögen der Körper und ihren chemischen Eigenschaften, welche Davy nur angedeutet hatte, begründete. Nachdem er alles eingesehen hatte, was in der Theorie des Davy mangelhaft war, glaubte er demselben dadurch abhelfen zu können, daß er annahm, daß die Atome der Körper eine gewisse elektrische Polarität wie der Turmalin und eine Verschiedenheit der Intensität in der Wirkung eines jeden Poles besitzen, das einzige Erklärungsmittel, wie ein Körper bald elektro-positiv, bald elektro-negativ sein kann. *Nach seiner Ansicht kann* eine Verbindung nur in so

weit bewerkstelligt werden, als die polarisirten Theilchen in den beiden Körpern sich mit hinlänglicher Leichtigkeit bewegen, um ihre entgegengesetzten Pole einander entgegenzustellen. Aber diese Ansicht kann nicht wohl angenommen werden, weil der Turmalin nur dann elektrisch ist, wenn er sich in Folge der Wärme ausdehnt oder zusammenzieht; es würde daraus folgen, daß, wenn die Temperatur gleichförmig bliebe, die Verwandtschaften sich nicht äußern könnten.

Ampere, dessen erhabene Ansichten den physicochemischen Wissenschaften von großem Nutzen waren, verwarf die elektrische Polarität und nahm an, daß jedes von den Atomen der Körper eine eigenthümliche Elektricität besitze, die von seiner Natur abhänge, indem die sauren Atome in hohem Grade negativ, die alkalischen Atome in hohem Grade positiv seien; daß diese Elektricität durch ein entgegengesetztes Zeichen der Elektricität, die um jedes Atom eine Atmosphäre bildet, verhüllt seien: nach seiner Ansicht fand bei den Verbindungen eine Wiederzusammensetzung der beiden Atmosphären Statt und die Atome blieben, vermöge der gegenseitigen Anziehung ihrer Elektricität, vereinigt. Diese sinnreiche Theorie konnte nicht alle beobachtete Thatsachen unter andern den Umstand erklären, warum ein Körper bald elektro-positiv in Beziehung auf einen Körper, bald elektro-negativ in Beziehung auf einen andern ist; daher blieb sie auch, nachdem sie einige Zeit lang die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen hatte, in der Wissenschaft nur als ein Denkmal von dem Scharfsinne ihres Urhebers. Ueberhaupt vergehen die Theorien gewöhnlich und die Thatsachen bleiben: daher muß man sich auch vorzüglich damit beschäftigen, so viel als nur immer möglich Thatsachen zu vereinigen und sie zu ordnen, um die Verhältnisse aufzufinden, welche sie verbinden, *und daraus leicht* aufzufassende Grundsätze oder *Gesetze abzuleiten.*

gnügte sich demungeachtet nicht mit theo-
sammenstellungen, um die Identität zwi-
lektricität und den imponderablen Flüssig-
gründen; Davy, welcher behauptet hatte,
irme und das Licht nur das Resultat der
mmensetzung der beiden Elektricitäten sei,
se Behauptung durch einen Versuch, den
sten, der je an dem königlichen Institute
angestellt wurde, vermittelst einer Säule,
2000 Paaren bestand und eine Oberfläche
englischen Quadratzollen einnahm, außer
en.

er zwischen zwei einander in dem leeren
nahe gebrachten Kohlenspitzen diese un-
äule sich entladen ließ, erhielt er ein so
, daß es mit dem Sonnenlichte verglichen
ite. Die Substanzen, sogar die unschmelz-
elche zwischen die beiden Kohlenspitzen ge-
den, konnten einer so starken Hitze nicht
, und wurden entweder geschmolzen oder
Da alle diese Erscheinungen und der
ich immer wieder erzeugten, wenn Davy
Kohlenspitzen von einander entfernte, so
us den Schluß, daß das frei gewordene
e frei gewordene Wärme der Vereinigung
Elektricitäten zugeschrieben werden müßten.
uch unterstützte demnach seine Ansichten über
emische Theorie, und bis jetzt ist noch nichts
n, was bewiese, daß dem nicht so sei.
on faßte die Aufgabe auf umgekehrte Weise
er brachte Wärmewirkungen mit voltai-
aten von der kleinsten Dimension hervor.
überzeugte sich endlich, daß das Licht
Ursprungs sei. Daher bemühte sich auch
beweisen, daß das elektrische Licht, wie
nlicht, die Eigenschaft besitze, chemische
zu bewirken.

Das Leitungsvermögen der Metalle war schon von Seiten Franklins der Gegenstand der Forschungen gewesen, aber die von diesem Physiker angewandten Mittel waren zu unvollkommen, als daß er hätte Gesetze erhalten können. Obgleich Davy sich dabei eines nicht sehr genauen Verfahrens bediente, so fand er demungeachtet, daß das Leitungsvermögen eines Metalldrathes im umgekehrten Verhältniß zu seiner Länge stehe und seinem Durchschnitte proportional sei; er wurde dadurch auf die Bestimmung des Leitungsvermögens eines jeden Metalls geleitet. Andere Physiker untersuchten diese Aufgabe mit Hülfe genauerer Mittel, während sie das von Davy für das Leitungsvermögen der Drähte ausgesprochene Gesetz wieder fanden, so erhielten sie doch nicht die nämlichen Zahlen für das Leitungsvermögen eines jeden Metalls. Diese Verschiedenheit kann nur der Anwendung von Metallen, welche nicht den nämlichen Grad der Reinheit haben und dem Umstande zugeschrieben werden, daß, da die angewandten Elektricitätsquellen nicht die nämlichen sind, das Leitungsvermögen je nachdem der elektrische Strom von einer Elektricität mit einer mehr oder minder starken Spannung herrühre, verschieden sein müsse; wie dem nun auch sei, so ist durch alle angestellten Versuche bewiesen worden, daß die Metalle, welche die besten Leiter für die Elektricität sind, auch die besten Leiter für die Wärme abgeben.

Sogleich nach den Entdeckungen Galvani's und Volta's wandte sich die Aufmerksamkeit der Physiologen und der Physiker auf die Erscheinungen, welche die elektrischen Fische zeigen. Man legte sich vorzüglich darauf, die Organe aufzufinden, welche die Erschütterung hervorbringen. Obgleich Galvani von dem Alter und von einer Krankheit, die ihn dem Grabe näher brachte, sehr geschwächt war, so begab er sich doch im Jahre 1797 an die Ufer des adria-

Meeres, um die Anatomie des Krampffisches
ten.
und Lorenzini hatten behauptet, daß die
erungen von der thierischen Elektricität her-
eine Erklärung, welche Galvani außerordent-
reichelte. Dieser letztere studirte die elek-
Organe, welche die Alten bereits gekannt
wie man (S. 39) gesehen hat. Er fand
nach einer großen Anzahl von Versuchen,
Prismen, woraus diese Organe bestehen,
erven zulaufen, als ihre Struktur zu erfor-
int. Er wurde dadurch auf die Untersuchung
, bis auf welchen Punkt das Hirn des Krampf-
der Ursprung der Nerven, auf die Wirkung
gane einen Einfluß äußere. Diese Forschun-
chten ihn auf die Annahme, daß das Ner-
m, das zu ihrer Wirkung dient, von dem-
verschieden sei, welches die Natur zu Erre-
r Muskelzusammenziehung anwende.
bdem Geoffroy St. Hilaire mehrere elek-
zische anatomirt und ihre elektrischen Organe
en hatte, so fand er in allen eine gleichför-
eschaffenheit. Sogleich, nachdem Volta die
gen des Contacts analysirt hatte, so beschäf-
sich mit den Erscheinungen des Krampf-
er hatte den Gedanken, daß man mit Hülfe
rpern, die keine so guten Leiter als die Me-
d, z. B. mit Häuten und tropfbaren Flüs-
, einen Apparat bilden könnte, der im Stande
Erschütterungen und Funken hervorzubringen.
lte sich sogleich, dieses Princip auf die elek-
Organe des Krampffisches anzuwenden, die
s zwei feuchten Leitern bestehen. Nach die-
orie wäre die Erschütterung, welche dieser
bt, das Resultat einer mechanischen und nicht
finktiven Wirkung, was nicht angenommen wer-
, weil sie von der Willkür des Thieres abhängt.

Humboldt und Bonpland stellten während ihres Aufenthalts in Amerika merkwürdige Beobachtungen über die Gewohnheiten und die Mittel, den Kahlrücken zu fischen, an. Bei einigen Versuchen, die sie machten, konnten sie keinen Lichtschein und auch keine Spur von freier Elektricität in dem Augenblicke wahrnehmen, wo das Thier die Erschütterung gibt. Es konnte auch nicht wohl anders sein, weil auf der einen Seite der Funken nur durch Apparate, die sich auf Eigenschaften der Elektricität gründeten, welche noch nicht bekannt waren, wahrgenommen werden konnte und weil man auf der andern Seite, um freie Elektricität zu sammeln, auch noch unbekannte Apparate nöthig gehabt haben würde.

Humboldt und Gay-Lussac stellten im Jahr 1802 einige Versuche zu Genua mit dem Krampffische an und bemerkten, daß sich die Erschütterung nur wahrnehmen lasse, wenn er sich über der Wasseroberfläche befindet, und daß man ihn reizen müsse, um die Erscheinung hervorzubringen. Man wußte damals nicht, obgleich man es vermuthete, daß die Erscheinung mit dem Krampffische und dem Kahlrücken eine elektrische Erscheinung sei. Man konnte es erst beweisen, nachdem John Davy, wir und mehrere andere Physiker bewiesen hatten, daß sich während der Entladung des Thieres elektrische Wirkungen zeigten, so daß der Rücken des Thieres die positive und der Bauch die negative Elektricität liefert.

Linari und Matteucci erhielten vor vier Jahren, während der Entladung, vermittelst der Inductions-Erscheinungen, von denen wir weiter unten sprechen werden, Funken. Als Matteucci das Gehirn eines Krampffisches untersuchte, so fand er, daß der vierte Lappen allein das elektrische Vermögen be[illegible] so daß man die anderen Lappen vernichten kön[illegible] one dem Thiere die elektrische Eigenschaft zu [illegible] welche von dem vierten Lappen zu dem elektrischen

ne fortgepflanzt wurde. Der nämliche Physiker
noch andere interessante Beobachtungen über
rampfisch an, welche wir in der Abhandlung von
)azwischenkunft der physischen Kräfte in den Le-
rscheinungen vortragen werden.
ir haben den Zeitangaben vorgegriffen, um
alles das, was die elektrischen Fische ande-
welche uns allein enthüllen können, auf welche
die Elektricität bei den Lebenserscheinungen
Spiel komme, trennen zu müssen. Bis auf
Jahr 1812 hatte man noch nicht durch Analyse
Thatsachen aneinander gekettet, die sich auf die
he Elektricität beziehen, welche Coulomb und
e Physiker beobachtet hatten.
oisson unternahm es, diese wichtige Frage zu lösen.
m er jeden der beiden elektrischen Stoffe als ein nicht
mendrückbares Fluidum betrachtete, dessen Mo-
, die eine vollkommene Beweglichkeit besitzen, sich
seitig abstoßen, und die des anderen Stoffes
m umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der
rnung anziehen, und indem er überdies an-
, daß bei gleicher Entfernung die Attraktion der
lsion gleich ist, so suchte er die mathematischen
erungen auf, die man daraus ziehen könnte.
Resultate, zu welchen er gelangte, stimmten mit
überein, welche Coulomb aus der Erfahrung
leitet hatte. Poisson zeigte zuerst, daß sich die
e elektrische Flüssigkeit an die Oberfläche der
er begibt, wo sie eine äußerst dünne Schichte
, deren innere Fläche und Dicke er bestimmt.
die äußere Fläche anbetrifft, so ist sie genau
es Körpers, weil die Elektricität auf demselben
rch den Druck der Luft zurückgehalten wird.
Körper eine Kugel, so sind die beiden Flä-
elektrischen Schichte sphärisch; bildet er ein
, so ist die Schichte gleichfalls ein concen-
es und ähnliches Ellipsoid.

746894

Poisson hat aus seinen Berechnungen abgeleitet, daß die Spannung der Elektricität an der Spitze eines Kegels unendlich groß sein würde, wenn sich die Elektricität daselbst anhäufen könnte. Ebenso würde bei einem sehr gestreckten Ellipsoid der elektrische Druck um den Aequator herum sehr schwach sein, während er an den Polen eine beträchtliche Intensität erlangen könnte. Die Macht der Spitzen zu Ableitung der Elektricität ist also durch den Calkul bewiesen worden.

Bis auf das Jahr 1820 blieb die elektrische Wissenschaft in einer Art von Stillstand, als man erfuhr, daß Oerstedt, Professor der Physik in Kopenhagen, in einem lateinisch geschriebenen Werke bekannt machte, daß eine Magnetnadel, die sich in geringer Entfernung von einem Metalldrahte befand, welcher die beiden äußersten Endpunkte einer Säule verband, von Seite dieses Drahtes eine solche drehende Bewegung erlitt, daß, wenn sich die Nadel über dem Drahte befand, sie in einem rechten Winkel nach der einen oder nach einer andern Richtung, je nach der Richtung des Stromes, augenblicklich abwich, und wenn sie sich unter demselben befand, sie in umgekehrter Richtung abwich, während sie, wenn man sie rechts oder links stellte, sich auf die eine oder andere Seite neigte.

Unmittelbar nach dieser wichtigen Entdeckung fing Ampere eine merkwürdige Reihe von Experimental- und theoretischen Forschungen an, welche dazu dienten, den Grund zu der Elektrodynamik zu legen. Er fing damit an, daß er zeigte, daß die Wirkung der elektrodynamischen Kraft, sich in allen Theilen des leitenden Drahtes befinde; sodann gab er das allgemeine Gesetz an, welches die Richtung der Nadel in jedem besonderen Falle bestimmt. Er machte ferner das Resultat seiner Forschungen über die Wirkungen der Ströme auf einander, je nachdem sie in

d derselben Richtung oder in verschiedenen
en gehen, bekannt, so daß sie, die Richtung
n leitenden Drähte mag sein, welche sie will,
ehen, wenn sich die beiden Ströme der senk-
inie, welche die Richtungen der beiden Drähte
asilich haben, nähern oder sich von derselben
und sich im Gegentheile zurückstoßen, wenn
gegen diese senkrechte Linie hingeht und der
ich von derselben entfernt. Durch ein aus
oretischen Ideen abgeleitetes Verfahren machte
stählerne Nadeln dadurch magnetisch, daß er
n innern Theil eines schraubenförmig gewun-
Verbindungsdrahtes brachte. Die Lage der
rde durch die Lage der Spiralwindungen,
e umgaben, bestimmt. Sodann begründete
dentität der Wirkung zwischen den Verbin-
ähten und den geschlossenen krummen Linien,
chen er elektrische Ströme in Ebenen sich dachte,
nkrecht auf der Linie stehen, welche die bei-
eines Magnets verbindet.
o bemerkte bald nachher, daß ein elektrischer
welcher einen Metalldraht durchlief, auf Eisen-
wirke, die man in seine Nähe brachte, und
Bildung concentrischer Ringe quer auf dem-
nsetzte: die Eisenfeilspäne fielen auf der Stelle
e der Strom aufgehört hatte. Arago erhielt
Erscheinungen, als er die Entladung einer
Flasche in die Spiralwindungen gehen ließ.
machte kleine stählerne Nadeln dadurch mag-
daß er sie in der Quere an einem einfachen
ngsdrahte rieb. Biot machte in Verbindung
art das Gesetz bekannt, nach welchem die
elche von dem Verbindungsdrahte ausströmt,
iedenen Entfernungen schwächer wird, indem
ine freihängende Magnetnadel wirkt; dieses
nn folgendermaßen ausgedrückt werden: Die
n Drahte ausgeübte Kraft ist trans-

versal zu seiner Länge und drehend, und sie nimmt in einem vollkommen proportionalen Verhältniß mit der Entfernung ab. Laplace fand, daß die Wirkung zusammengesetzt sei, und daß das individuelle Gesetz jeder Elementarkraft im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung wirke. Was die Ströme anbetrifft, welche an einem gebogenen Drahte gehen, so war die Wirkung immer reciprok mit der Entfernung, aber die absolute Intensität war bei dem schiefen Drahte in dem Verhältnisse des Winkels, den die Richtung von einem der Drahtende mit dem Horizonte bildete, schwächer, als bei dem geraden Drahte. Die Wirkung eines jeden Elements des schiefen Drahtes auf jedes Molekül des südlichen oder nördlichen Magnetismus war mit dem Quadrate seiner Entfernung von diesem Moleküle reciprok und proportional mit dem Sinus des Winkels, der von der Entfernung zu der Spitze des Winkels mit dem Drahte gebildet wurde.

Ampere bestimmte die Wirkung der schraubenförmig gewundenen Leiter, und leitete daraus ein sehr einfaches Mittel ab, um die Längenwirkung eines Stromes an einem schraubenförmig gebogenen Leiter zu neutralisiren, und die Wirkung desselben auf die transversale Wirkung zu reduziren, welche alsdann mit der eines Magnets identisch war.

Er gab sodann den analytischen Ausdruck für die Attraktionen und Repulsionen der elektrischen Ströme an, indem er zeigte, daß alle Thatsachen, welche sich auf die gegenseitige Wirkung zweier Magnete und eines voltaischen Leiters, oder eines Magnets und zwei Leiter beziehen, auf eine einzige Ursache gebracht werden könne, welche in einer zwischen den unendlich kleinen Theilen von dem, was er elektrischen Strom nannte, bald attraktiven bald repulsiven Kraft bestehe, die *aber immer* nach der Linie wirke, welche ihre Mitte *verbindet*. Er nahm ferner an, daß diese Kraft nicht

Funktion der Entfernung sei, sondern daß
von den Winkeln abhänge, welche die ge-
Lage der beiden unendlich kleinen Theile
ischen Ströme der Linie bestimmen, welche
n derselben verbindet.
ahre 1821 gelang es Faraday einen leiten-
t um den Pol eines Magnets sich drehen
Ampere erhielt die Drehung eines Mag-
seine Achse. Davy, welcher die beiden End-
eier Drähte, welche mit den beiden Polen
ule in Verbindung standen, in Queckſilber
hatte, näherte einen von den beiden Polen
rken Magnets der Oberfläche des Queckſil-
s mit diesen Leitern in Berührung stand, und
ch, wie das Queckſilber eine schnelle drehende
g in einer Richtung annahm, welche von
r des Magnetpols abhing. Er zeigte über-
, wenn man die Entladung einer sehr starken
ischen zwei Kohlenspitzen vor sich gehen lasse,
trom nach dem gegenüberstehenden Pole und
ung des Stromes angezogen und abgestoßen

re zeigte, um seine Ansichten über die Theorie
nete zu unterstützen, daß ein Kupferdraht,
it Seide umsponnen hatte, welcher schrau-
g um eine gläserne Röhre gewickelt war und
Strom durchlief, sich wie ein Magnet ver-

leicher Zeit, als Ampere die magnetischen
ften der Schraubenlinien studirte, erfand
ger in Deutschland den elektrischen Multipli-
odurch es möglich gemacht wurde, die Frage
Elektricitätsentwicklung bei einer großen
on Fällen zu untersuchen, wo man es früher
n konnte. Dieser Apparat besteht in seiner
n Form aus einem hölzernen Rahmen, der
Flächen offen ist und um welchen ein mit

Seide übersponnener Kupferdraht gewickelt ist; eine an einem einfachen Seidenfaden frei hängende Magnetnadel befindet sich in dem Innern des Rahmen. Sobald als den Draht ein Strom durchzieht, so häufen sich die theilweisen Wirkungen von jeder der Windungen auf der Nadel an und bringen eine Resultante hervor, welche stark genug ist, die Magnetnadel zur Abweichung zu bringen, selbst wenn der Strom sehr schwach ist.

In den Händen des Nobili erlangte der Multiplikator oder Galvanometer eine große Empfindlichkeit; er setzte an die Stelle einer Magnetnadel zwei andere ähnliche Nadeln, die parallel aneinander mit verkehrten Polen auf einer sehr dünnen Stange befestigt waren. Vermittelst dieser Anordnung war die Wirkung des Erdmagnetismus sehr schwach. Dieser Apparat macht es möglich, die Intensität der Abweichung des funktionirenden Stromes vermittelst eines leicht einzurichtenden Tisches zu erkennen.

Nachdem Ampere die Wirkung der Ströme auf einander und auf die Magnete gezeigt hat, so behauptete er, daß sich die Erdkugel in ihrer Wirkung auf die Leiter und die Magnete ebenso verhalte, als ob es in der Erde elektrische Ströme gäbe, welche von Osten nach Westen gehen. Es war nicht genug, anzuzeigen, daß die Erscheinung stattfindet, wie wenn Ströme in der Erdrinde cirkulirten, man mußte ihr Dasein auch noch wahrscheinlich machen. Ampere, der sich auf Davy's Ansichten stützte, sprach die Meinung aus, daß die Erde vielleicht aus einem Metallkerne aus Kalium, Natrium und Silicium bestehe, der mit einer Schichte Oxyd überzogen sei, daß an der Berührungsoberfläche beständig chemische Reaktionen stattfinden, welche eine Menge elektrischer Strömungen hervorbringen, denen man den Erdmagnetismus zuschreiben müsse. Gegen diese Hypothese hat man zwei Haupteinwürfe gemacht. Den ersten, daß,

da die Substanzen, woraus die Rinde bestehe, im Allgemeinen sehr schlechte Leiter sind, es schwer sei, das Dasein elektrochemischer Ströme anzunehmen; den zweiten, daß, da die chemischen Reaktionen heftig sind, wenn elektrische Ströme daraus entstünden, sie in allen Arten von Richtungen cirkuliren müßten, und daß man alsdann nicht einsehe, wie die Resultante merklich immer in der nämlichen Richtung wirken könne. Ueberall studirte man die elektrodynamischen Erscheinungen.

De la Rive beschäftigte sich mit der Wirkung, welche die Erde auf einen beweglichen Theil einer geschlossenen voltaischen Kette ausübt, und zeigte, daß diese Wirkung z. B. in einem Rechtecke bloß an den senkrechten Theilen Statt finde. Er gab die Gesetze dieser Erscheinung an, welche sich aus der Theorie des Ampere leicht ableiten ließen, daher wurden sie auch von ihm angenommen. Es entspann sich damals ein Streit zwischen Ampere einerseits, Davy und Berzelius anderseits. Berzelius hielt die Hypothese, welche Oersted aufstellte, daß die magnetischen Wirkungen des Stromes von einer schraubenartigen Bewegung der beiden Elektricitäten herrühren, für unwahrscheinlich; die doppelte Polarität des Leiters schien ihm eine einfachere und wahrscheinlichere Annahme zu sein.

Ampere antwortete, daß die Versuche, welche von Berzelius zu Vertheidigung seiner Meinung aufgestellt wurden, gleichfalls in seine Theorie paßten, und daß man alsdann keine andere Erklärung suchen müsse, als die, welche daraus fließe.

Davy schrieb in einem Briefe an Ampere, welcher vom 20. Februar 1821 datirt war, daß er zweifle, daß der Magnetismus einen elektrischen Ursprung habe. Ampere bekämpfte auch noch diese Ansicht, indem er sich auf seine Theorie stützte, welche heutzutage *allgemein angenommen* ist.

Einige Jahre später, nachdem Arago die Wirkung entdeckt hatte, welche ein elektrischer Strom auf das nicht magnetische Eisen ausübte, überließ sich Savary einer Reihe von Versuchen von hohem Interesse über das Magnetischwerden stählerner Nadeln, welche man in verschiedene Entfernungen von einem Metalldrahte brachte, in den man die Entladung einer Leydener Flasche hatte gehen lassen; er fand, daß die Nadeln, welche auf der nämlichen Seite lagen, nach der Entfernung, in welcher sie sich von dem leitenden Drahte befanden, eine mehr oder minder starke Magnetisirung annahmen, daß die zunächst liegenden Nadeln nicht immer die magnetisirtesten waren, weil es in verschiedenen Entfernungen von dem Drahte Punkte gab, wo sich die Magnetisirung auf ihrem Maximum, und andere, wo sie sich auf ihrem Minimum befand, und daß die Entfernung auch einen Einfluß auf die Richtung der Polarität ausübe. Aus diesen Thatsachen geht hervor, daß der elektrische Strom durch das Fortschaffen der elektrischen Materie, welche auf eine stetige Weise in einer bestimmten Richtung Statt hatte, hervorgebracht zu sein scheint, und daß ihre Wirkung als eine Reihe von Schwingungen angesehen werden könne, welche von dem leitenden Drahte zu den umgebenden Mitteln fortgepflanzt würden.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der Multiplikatoren gegen das Jahr 1821 fingen wir an, die elektrischen Erscheinungen, welche bei den chemischen Wirkungen so wie bei den Phänomenen hervorgebracht wurden, wo das natürliche Gleichgewicht der Moleküle der Körper durch irgend eine Ursache gestört wird, zu analysiren. Fabroni und Wollaston hatten es versucht, diese Aufgabe zu behandeln, aber die Mittel fehlten ihnen, um die Lösung derselben zu erhalten; ohne Oerstedts Entdeckung würde man *auch wahrscheinlich* nicht weiter gekommen sein. Da *diese Aufgabe* in diesem Werke vollständig entwickelt

werden muß, so beschränken wir uns bloß darauf, zu sagen, daß bei der Verbindung einer Säure mit einem Alkali die erste positive Elektricität, das zweite negative Elektricität entwickle; daß bei den doppelten Zersetzungen keine elektrischen Wirkungen erscheinen, daß die Auflösungen elektrische Wirkungen hervorbringen, welche denjenigen ähnlich sind, die man bei den Verbindungen beobachtete, daß bei den Zersetzungen die hervorgebrachten Wirkungen umgekehrt sind. Unter den Physikern, welche zu dem Fortschreiten der Elektrochemie beigetragen haben, müssen wir vorzüglich August de la Rive anführen, dessen Arbeiten zum beständigen Zwecke hatten, die voltaische Theorie zu bekämpfen. Sein Verdienst ist es, daß er als Grundsatz aufstellte, daß die bloße Berührung zweier Metalle keine elektrische Wirkung veranlasse. Wir werden öfters Gelegenheit haben, an die Arbeiten dieses geschickten Physikers in diesem Werke zu erinnern.

Von 1821 bis 1822 entdeckte Seebeck von Berlin die thermoelektrische Erscheinungen, indem er zeigte, daß eine Temperaturverschiedenheit zwischen den beiden Löthungen einer geschlossenen Kette, die aus zwei verschiedenen Metallen besteht, einen elektrischen Strom hervorbringe, dessen Gesetze wir bestimmt haben. Wir haben diese Phänomene zu der Bestimmung der Temperatur der inneren Theile des menschlichen und des thierischen Körpers, zu der der Oefen, der Seen und im Allgemeinen aller Medien angewandt, welche es nicht möglich machen, die gewöhnlichen Thermometer zu gebrauchen. Die Analyse dieser Erscheinungen hat uns darauf geführt, zu zeigen, daß die Fortpflanzung der Wärme in den Metallen und im Allgemeinen in den leitenden Körpern vermöge aufeinanderfolgender elektrischer Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen bewirkt werden. *Die thermoelektrischen* Säulen dienten in der

Folge Nobili und Melloni zu Bestimmung der niedrigsten Temperaturen, der der Insekten, der langsamen Verbrennung des Phosphors u. s. w.; sodann Melloni, um eine Menge der wichtigsten Versuche über die Eigenschaften der strahlenden Wärme anzustellen.

Davy, welcher bei allen seinen Arbeiten nie die Gelegenheit aus dem Gesichte verlor, die Resultate seiner Versuche auf die Künste anzuwenden, gab ein Mittel an, wodurch es möglich sei, das Kupfer gegen die ätzende Wirkung des Meerwassers zu schützen, ein Mittel, das nicht den Erfolg hatte, den man sich davon versprach, weil das vermittelst kleiner Eisenplatten verwahrte Metall sich mit kohlensaurem Kalk, Magnesia, Seepflanzen und Mollusken überzieht, welche das Gewicht des Futters vermehren und den Gang des Schiffes aufhalten.

Im Jahre 1824 machte de la Rive das Resultat seiner Forschungen über die Verminderung der Intensität eines elektrischen Stromes bekannt, welcher durch eine Flüssigkeit ging, die durch metallische Scheidewände unterbrochen war, woraus er Gesetze ableitete, welche einige Analogie mit denen haben, welche das Licht und die Wärme in ihrer Fortpflanzung zeigen; und überdies, daß der Weg der Elektricität in einer Flüssigkeit, um so leichter ist, je auffallender die chemische Wirkung zwischen dem Metalle und der Flüssigkeit ist.

Diese Aufgabe, welche für die elektrochemischen Zersetzungen von hoher Wichtigkeit ist, wurde vor kurzer Zeit von verschiedenen Physikern mit dem elektromagnetischen Apparate mit abwechselnder Strömung wieder aufgenommen.

Poggendorf (Annalen der Physik und Chemie LII S. 497) hat sich damit beschäftigt, zu begründen, *daß, abgesehen* von der Nichtpolarisation der Platten, *welche* zu der Leitung der abwechselnden Ströme

in eine Flüssigkeit dienten, an der Berührungsoberfläche ein Widerstand für den Durchgang stattfinde, der von der Leitungsfähigkeit unabhängig ist, der aber nach der Natur der Flüssigkeit und der des Metalls den Zustand seiner Oberfläche verändert u. s. w.

Vorselmann de Herr (Annalen der Physik) suchte, indem er sich auf die Beobachtung des de la Rive stützte, daß magnetoelektrische Stromungen, welche abwechselnd entgegengesetzte Richtungen haben, keinen Widerstand in einer Flüssigkeit erleiden, wenn man auf ihrem Wege metallische Scheidewände dazwischen bringt, den Widerstand der Ströme auf die secundären Polaritäten zu beziehen. Diese Meinung ist der Poggendorf'schen entgegengesetzt.

Fechner schrieb die Wirkung einer besonderen Art von Widerstand zu, welche bei dem Uebergang der Elektricität von dem Metalle in die Flüssigkeit und umgekehrt stattfindet.

Wir übergehen mit Stillschweigen die Meinungen, welche von andern Physikern aufgestellt worden sind, um zu sagen, daß de la Rive in zwei Denkschriften, welche in den Jahren 1825 und 1828 im Drucke erschienen sind, das Verhältniß, nach welchem die Vergrößerung der metallischen Oberfläche, die mit der Flüssigkeit im Contacte war, die Leichtigkeit der Fortpflanzung vergrößert, sowie den Einfluß aus der Natur der Flüssigkeit, der metallischen Scheidewand und der Flüssigkeit und dies unabhängig von jeder Hypothese über die Ursache der Erscheinung selbst angab. Seit dieser Zeit hat sich dieser Physiker immer bemüht, die Hauptthatsache zu studiren, ohne sich damit abzugeben, ob sie von einer einfachen oder compleren Wirkung herrühre; aber gerade deßwegen, weil man seit ihm die Ursachen, welche zu ihrer Erzeugung mitwirken, analysirt hat, darf man den Werth der ersten Beobachtung nicht für Nichts anschlagen.

Wir kommen jetzt auf die Contacttheorie, welche

von Volta gegründet wurde, und welche als Grundsatz aufstellte, daß zwei Körper, welche die Elektricität leiten, sich immer bloß durch die Thatsache des Contacts in zwei verschiedenen elektrischen Zuständen befinden. Diese Theorie, welche bei ihrem Erscheinen von Galvani, Fabroni, Parrot lebhaft angegriffen wurde, fand ihre Vertheidiger an Pfaff, Davy, welche demungeachtet die Dazwischenkunft der chemischen Wirkung annahmen, damit der elektrische Strom in der Säule cirkuliren könne. Wollaston, der sich auf interessante Versuche stützte, verwarf den Contact und änderte sich nie in seinen Ansichten. Bis zu der Entdeckung des Elektromagnetismus wurde Volta's Theorie fast allgemein angenommen. Dies war aber nicht mehr der Fall, als wir mit Hülfe des Galvanometers die bei den chemischen Wirkungen erzeugten elektrischen Erscheinungen analysirt und gezeigt hatten, daß alle diese Wirkungen jedesmal wegfallen, daß keine chemische Wirkung stattfinde, wenn zwei verschiedene Metalle, die mit den beiden Enden des Drahtes eines Multiplikators in Verbindung stehen, in eine Flüssigkeit eintauchen. De la Rive, der sich auf eine Menge sinnreicher Versuche stützte, zeigte kurze Zeit nachher, daß die voltaische Theorie nicht hinreichend sei, die Wirkungen der Säule zu erklären.

In Italien und vorzüglich in Deutschland hat sich Volta's Theorie erhalten; sie wird sogar in dem letzten Lande von geschickten Physikern und Mathematikern vertheidigt. In Frankreich und in England zählt sie auch einige Anhänger. Wegen ihrer Wichtigkeit wollen wir ganz gedrängt die Meinungen der deutschen Physiker vortragen und uns der unparteiischen Notiz des Elias Wartmann bedienen, die in der ersten Nummer des Archivs für die Elektricität das von de la Rive herausgegeben wird, eingerückt ist.

G. S. Ohm in Erlangen hat im Jahre 1837 eine *mathematische Theorie* von der voltaischen Säule in

der Absicht herausgegeben, für den Voltaismus das zu thun, was Fourier, Laplace, Poisson, Ampere, Cauchy, Gauß für die Wärme, für die Capillarität, für die Elektrodynamik und den Magnetismus gethan haben. Zu Begründung seiner Formeln ist Ohm von folgenden drei Grundgesetzen ausgegangen:

1) Die elektroskopische Kraft ist die Größe der Attraktion und Repulsion, welche von einem elektrisirten Körper gegen einen andern, der einen unveränderlichen elektrischen Zustand hat, den man Elektroskop nennt, ausübt. Diese Kraft ist in der nämlichen Zeit von einer Stelle zur anderen im Innern des Körpers verschieden; überdies ist sie an der nämlichen Stelle in verschiedenen Zeiten verschieden.

2) Der Verlust an Elektricität, welchen in einer constanten Zeitdauer ein in der Luft befindlicher Körper erleidet, ist der Menge dieser Elektricität proportional und hat einen Coeffizienten, welcher von der Natur des Körpers abhängt. Dies ist das Gesetz, welches Coulomb aus seinen Versuchen ableitete.

3) Wenn sich zwei heterogene Körper im Contacte befinden, so existirt an ihren Berührungspunkten eine constante elektroskopische Kraft, welche der Differenz der ihnen eigenthümlichen Kräfte gleich ist. Dies ist die elektrische Spannung.

Vermittelst dieser drei Gesetze suchte Ohm alle Bedingungen darzustellen, denen die Bewegung der Elektricität in Körpern von beliebiger Form und Natur unterworfen ist, und er meinte, daß die Differenzialgleichungen, auf welche sie führen, denen, welche Fourier und Poisson für die Bewegung der Wärme aufgestellt haben, so ähnlich seien, daß man aus dieser Aehnlichkeit, die der beiden Flüssigkeit ableiten könnte.

Wir wollen sogleich bemerken, daß Ohm die Richtigkeit seiner Theorie bloß in dem Falle bestätigt habe, wo *die verschiedenen Theile* der Säure keine auffal-

lenden chemischen Veränderungen erleiden; aber gerade diese Veränderungen untergraben die voltaische Theorie; sie entfernt halten, heißt die Frage nur in einem besonderen Falle ins Auge fassen; wie dem nun auch sei, so führt Ohms Analyse auf folgende zwei allgemeine Gesetze:

1) Bei einer Säule, welche aus der Vereinigung einer beliebigen Anzahl prismatischer Theile gebildet ist, findet auf jeder Erregungsfläche ein plötzlicher Sprung, welcher daselbst die Spannung erzeugt, und in allen Theilen ein gleichförmiger und aufeinander folgender Gang von einem Ende zum andern Statt; die Verhältnisse der verschiedenen Uebergänge sind mit den Produkten der Leitungsfähigkeiten durch die Schnitte eines jeden Theils umgekehrt proportional.

2) Die Größe des Stroms ist gerade zu der Summe aller Spannungen der Säule proportional und umgekehrt proportional mit ihrer reduzirten oder mit ihrer durch das Produkt ihrer Leitungsfähigkeit und ihrer Spannung dividirten Länge.

Aus den Formeln, welche diese Gesetze enthalten, kann man alle Erscheinungen ableiten, indem man aber immer von den chemischen Reaktionen abstrahirt.

Ohm, welcher es immer vermied, in seine Formeln die Erscheinungen der chemischen Wirkungen aufzunehmen, glaubte in einem besonderen Anhange auf dieselbe zurückkommen zu müssen. In dieser Beziehung unterscheidet er die latente Elektricität (welche mit dem Wesen der Körper verbunden ist und nicht von denselben getrennt werden kann, ohne daß die Art ihres Daseins zu gleicher Zeit ganz aufgehoben werde) von der freien Elektricität, welche für die Constitution der *Körper nicht* nothwendig ist und also von dem einen *ihrer Theile* zu dem andern übergehen kann, ohne

daß dadurch diese Theile genöthigt werden, ihre specifische Existenz zu ändern.

Diese Principien, welche nicht bestritten werden können, da sie von allen Elektrochemikern angenommen wurden, haben es Ohm möglich gemacht, Gleichungen aufzustellen, vermittelst deren er alle Fragen beantwortet, die auf den chemischen Antheil und auf die Veränderung Bezug haben, welche für den elektrischen Strom daraus entspringt. Man müßte aber, wie de la Rive richtig bemerkt, zuvörderst wissen, ob sich die hydroelektrische Säule nach dem Gesetze richte, das ihr die Theorie vorschreibt. Diese wichtige Frage konnte der Versuch allein beantworten, und er hat gezeigt, daß die oben erwähnten Verhältnisse so lange wahr sind und wahr bleiben, als die Säule für ein Ganzes gehalten werden darf, das keine Veränderung erleidet und in keine verschiedene Theile unterabgetheilt ist; daher lassen sich diese Gleichungen beständig auf die thermoelektrische Säule die ganze Dauer ihrer Thätigkeit hindurch anwenden, wenn nur die Erregungsweise unveränderlich bleibt.

Fechner hat in einem Werke unter dem Titel: Numerische Beobachtungsresultate der galvanischen Säule Ohms Ansichten getheilt. In der zweiten Ausgabe seiner deutschen Uebersetzung des Traité de physique von Biot suchte er durch den Versuch die verschiedenen Elemente zu bestimmen, die zu der Ohm'schen Formel kommen, und sah sich veranlaßt, sie dadurch zu modifiziren, daß er eine neue Größe, den Widerstand in dieselbe brachte, welchen der Strom bei seinem Uebergange von einem festen in einen liquiden Theil oder umgekehrt erleidet; von diesem Widerstande haben wir bereits gesprochen.

Fechner hat aus seinen numerischen Resultaten abgeleitet, daß die Stärke der Säule der elektroerregenden Kraft gerade, und dem Widerstande der Leitbarkeit *umgekehrt proportional* sei. Dies ist nach

der Ansicht der Deutschen das Grundgesetz der voltaischen Säule. Es lassen sich noch folgende Folgerungen aus Fechners Forschungen ableiten.

Wenn man den Widerstand irgend eines Theils der Säule vermehrt oder vermindert, so vermindert oder vermehrt sich die Stärke des Apparates nur in dem Verhältnisse dieses Theiles des Widerstandes zu dem Gesammtwiderstande. Dadurch daß man den Widerstand eines beliebig kleinen Theiles immer größer macht, vernichtet man endlich ganz die Wirkung der Säule.

Die gesammte elektro-erregende Kraft ist der Zahl der Paare, wenn sie homogen sind, und der Differenz der theilweisen elektro-erregenden Kräfte proportional, wenn man sich heterogener Paare bedient; sie steht aber auf keine absolute Weise mit der Natur der Flüssigkeit und der Beschaffenheit des Widerstandes in Verbindung.

Der Widerstand wächst in dem Verhältnisse ihrer Länge; der Strom geht durch zwei Drähte von ungleicher Länge im umgekehrten Verhältnisse ihrer Längen.

Der Widerstand der Flüssigkeit ist der Entfernung der Plattenpaare proportional und im umgekehrten Verhältnisse mit dem Schnitte der Flüssigkeit, wenn die Oberfläche, welche sie befeuchtet, diesem Schnitte gleich ist. Er nimmt mit der Menge der salzigen oder sauren Theile ab, die man an die Flüssigkeit thut; er ist von der Natur der Platten unabhängig.

Der Widerstand bei dem Uebergange ist der erregenden Fläche umgekehrt proportional und nimmt in dem Verhältnisse zu, als die Wirkung der Säule abnimmt. Er nimmt in dem Verhältnisse der Menge von Säure ab, die man an die Flüssigkeit tyut, und kann durch einen neuen Zusatz von Säure noch schwächer werden, nachdem die Abnahme in der Wirkung der Säule ihn sogar auf einen gewissen Werth gebracht

er unter dem ersten ist. In dem Augenblicke, an die Säule schließt, ist er für die beiden n derselbe; er wird aber in der Folge für die ve Platte größer. Kurz, er hat ein besonderes en von einer Stufe zu einer andern zu sprin- wenn man die elektro-erregende Kraft oder den stand verändert; dies ereignet sich in dem säuer- und vorzüglich in dem gewöhnlichen Wasser. enn die erregende Oberfläche (die, welche von lüssigkeit angegriffen wird) in mehrere unter der verbundene Bruchstücke zertheilt oder ganz n wird, so liegt für die Stärke der Säule we- aran; diese Stärke wächst verhältmäßig weni- als die erregende Fläche; je mehr man diese e vermehrt, um so mehr nimmt der Zuwachs raft verhältnißmäßig ab. So gelangt man h an eine Gränze, wo die Wirkung nicht mehr mt, und dies findet um so schneller Statt, je hlicher der Widerstand des Drahtes ist, wel- die Säule schließt. Die Größe dieses Maxi- ist von der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit ängig; sie ist aber um so kleiner, je größer der stand des Leiters ist. Eine Vergrößerung in rregenden Fläche trägt um so mehr zu einer irkung in dem Strome bei, je schwächer der stand des Leiters, je geringer die Leitungs- eit der Flüssigkeit und je anhaltender die Wir- der Säule im Allgemeinen ist.

m Anfange des Schließens der Säule ist es gültig, ob die positive Oberfläche größer oder r als die negative ist. Die Wirkung der Säule t schneller ab, wenn man eine größere positive e einer kleinern negativen entgegenstellt, als in umgekehrten Falle. In dem Verlaufe der Wir- macht man den Strom dadurch weniger schwach, nan die positive Fläche vermindert, als durch *erminderung* der negativen.

Wenn man endlich einer positiven Fläche eine andere entgegenstellt, die aus einem positiven und einem negativen Metalle besteht, so hat man eine Anordnung, welche mit der entgegengesetzten äquivalent ist.

Im Allgemeinen nimmt die Wirkung der Säule verhältnißmäßig weniger, als die Zahl der Paare zu und sie wird sogar nicht vergrößert, wenn der Widerstand des Leiters vor dem der Paare verschwindet oder wenn dieser Widerstand in dem nämlichen Verhältnisse mit der Zahl der Paare wächst. Ueberdies gelangt man durch das Hinzuthun einer wachsenden Anzahl von Paaren an eine Gränze, wo man, wenn man von derselben ausgeht, durch einen neuen Zusatz keine wahrnehmbare Wirkung mehr erhält; je größer aber der Widerstand des Leiters in Beziehung auf den der Paare ist, desto weniger schnell wird das Maximum erreicht. Endlich trägt die Vermehrung der Zahl der Paare um so mehr zu der Stärke der Säule bei, je größer der Widerstand des Leiters, je geringer der Widerstand der Paare und je näher man der Zeit des Beginnens der Thätigkeit ist.

In Beziehung auf den Einfluß der Scheidewände, so sinkt, wenn man homogene Platten in die Flüssigkeit einer Säule legt, die Stärke des Apparates; was man gleich anfangs sehen kann, wenn die Kette geschlossen ist. In diesem Augenblicke ist die Abnahme für ein Zinkkupferpaar genau dieselbe, die Scheidewände mögen von dem einen oder von dem andern dieser Metalle sein; die Wirkung nimmt aber schneller mit Kupfer- als mit Zinkplatten ab. Die Abnahme rührt einzig und allein von einer Vermehrung des Widerstandes her; denn die elektro-erregende Kraft hat sich durchaus nicht geändert, und diese Abnahme ist im Anfange im gemeinen Wasser weit stärker als *im säuerlichen*; in sehr saurem Wasser verursacht die *Anbringung* mehrerer Platten fast gar keine Vermin-

der Wirkung zu Anfang der Thätigkeit. Die
ne des Gesammtwiderstandes ist der Zahl der
achten Scheidewände proportional. Der Wi-
d einer in einer sauren Flüssigkeit dazwischen
en Scheidewand ist im Anfange genau dem
tande eines erregenden Paares von gleicher
iche gleich; er ist aber im gewöhnlichen Wasser
eträchtlicher.
is die Abnahme an den voltaischen Säulen
ifft, so kann man im Allgemeinen sagen, daß
um sie so langsam als möglich zu machen,
nfache Säule anwenden müsse, deren erregende
n groß, von einander entfernt und eher Zink-
als Zink-Kupfer, oder Zink-Kupfer als Zinn-
sein müssen. Ueberdies muß man sich eines
Verbindungsleiters und als Flüssigkeit eines
uerlichen Wassers oder auch wohl einer schwefel-
Kupferauflösung bedienen. Das Entstehen die-
nahme hängt von der chemischen Veränderung
elche die Metallplatten unter der Einwirkung
romes erleiden, eine Veränderung, welche an
gativen Platte stärker als an der positiven ist,
iderstand auf dem Uebergange vermehrt und
ktro-erregende Kraft vermindert. Dies sind die
einen Folgerungen, auf welche Fechners For-
en führen. Wir werden die verschiedenen Werke,
Vertheidigung der Contactstheorie erschienen
nicht zu erörtern suchen, da diese Untersuchung
othigen würde, dieser Notiz eine zu große Aus-
g zu geben und wollen uns für den Augenblick
lgende Betrachtungen beschränken.
uiende von Versuchen haben bewiesen, daß elek-
Contactswirkungen nur in so weit stattfinden,
ne chemische, Wärme erzeugende Wirkung oder
eine Störung in der natürlichen Gleichgewichts-
er Molekülen eintritt, und daß es unmöglich
le beobachtetn Erscheinungen und in die Sinne

fallende Regelwidrigkeiten, welche häufig vorkommen, zu erklären, wenn man nicht eine von diesen Ursachen in Erwägung zieht. De la Rive hat sich zuerst auf das Nachdrucksvollste und auf die ausschließendste Weise zu Gunsten dieser Ansicht ausgesprochen.

Da die Anhänger der Contactstheorie die Frage nur aus einem einzigen Gesichtspunkte ins Auge fassen, weil sie von den chemischen Veränderungen abstrahiren, so können sie elektro-chemische Erscheinungen und andere nur sehr wenig erklären, auf welche man täglich stößt, und welche wegen ihrer Menge auf allen Seiten über diese Theorie hinauslaufen, deren einziger Vorzug darin besteht, daß sie der mathematischen Analyse ein einfaches Princip liefert, mit dessen Hülfe man in einigen besondern Fällen, aus Formeln, welche willkürliche constante Größen enthalten, die Resultate des Versuches ableiten kann. Dies ist einer von den Beweggründen, welche dazu beigetragen haben, diese Theorie in der Wissenschaft noch zu erhalten. Wenn man sich überdies darauf beschränkt, über ein Princip zu streiten, ohne zu Unterstützung seiner Meinung eine andere Reihe von Thatsachen herbeizuschaffen, als die, bei welcher man lange geblieben ist, so kommt die Wissenschaft nicht weiter und jeder bleibt bei seiner Ueberzeugung; diese Sachlage würde noch bestehen, wenn man nicht die Unzulänglichkeit der voltaischen Theorie zu Erklärung einer Menge neuer Thatsachen nachgewiesen hätte.

In unserer Abhandlung über die Elektricität haben wir, während wir uns auf eine eben so positive Weise über die Contactstheorie aussprechen, demungeachtet behauptet, daß, wenn zwei Körper, welche Verwandtschaft zu einander haben, in Berührung sind, ohne daß eine Verbindung stattfand, es sich ereignen könne, daß das Einwirken der chemischen Kräfte, die *ihre Thätigkeit* beginnen, das Gleichgewicht der Molekülen *störe* und eine sehr geringe Menge Elektricität

in Freiheit setze, die nicht im Stande ist, stetige elektrische Strömungen hervorzubringen. Eine äußerst merkwürdige Beobachtung hatte es uns möglich gemacht, diese Induction daraus abzuleiten. Uebrigens geben wir hier die vorzüglichsten Thatsachen, auf welche wir uns stützen, um der Elektricität der Säule einen chemischen Ursprung beizulegen.

1) Es findet keine chemische Wirkung ohne eine beträchtliche Elektricitätsentwicklung Statt. 2) eine voltaische Säule, die mit einer Flüssigkeit funktionirt, die auf keines der beiden Elemente, woraus jedes Paar besteht, chemisch wirkt, ladet sich nicht, d. h. sie gibt weder einen Strom noch Spannungselektricität; wird eines von den beiden Elementen, wenn auch nur sehr schwach angegriffen, so finden augenblicklich Strömungs- und Spannungserscheinungen Statt; wird die chemische Wirkung beträchtlicher, so nehmen jene Wirkungen an Intensität zu. Kurz, die Intensität der elektrischen Erscheinungen steht, bis auf einen gewissen Punkt jedoch, mit der Energie der chemischen Wirkung im Verhältnisse.

Man sieht also, daß man, um mit der Säule elektrische Wirkungen zu erhalten, eines von den beiden Metallen nach und nach zerstören müsse; da überdies die Richtung des Stroms von dem am meisten angegriffenen Elemente abhängt, so kann man bei einer voltaischen Säule, wenn man sie mit säuerlichem Wasser oder einer alkalinischen Schwefelauflösung ladet, die Richtung des Stroms nach Belieben verändern. In dem ersten Falle ist der positive Pol auf der Zinkseite, in dem zweiten auf der Kupferseite.

Diese allgemeinen Thatsachen, nebst einer Menge anderer besonderer haben in den Stand gesetzt, den Schluß daraus abzuleiten, daß die in der Säule entwickelte Elektricität ganz von der chemischen Wirkung herrühre.

War dieses *Princip* einmal begründet, so konnte

man, besonders wenn man sich auf die sinnreiche Theorie de la Rive's stützte, erklären, wie es zugeht, daß man mit einem einzigen Paare die nämlichen zersetzenden Wirkungen erhalte, wie mit einer Säule von hundert Elementen, wofern nur die Flüssigkeit oder Flüssigkeiten, welche machen, daß sie funktionirt, so angebracht sind, daß sie soviel als nur möglich entwickelte Elektricität sammeln. Diese Erscheinungen könnten nach Volta's Theorie nicht erklärt werden, welche als Grundsatz aufstellt, daß die bei dem Contacte zweier Körper entwickelte Elektricitätsmenge so schwach sei, daß man einen Condensator anwenden müsse, um sich von dem Dasein derselben zu überzeugen, was bei unsern Apparaten nicht der Fall ist, wo man nur ein einziges Paar anwendet.

Einer so großen Menge von Thatsachen gegenüber, die für die elektro-chemische Theorie sprechen, können sich die Anhänger des Contactes nicht enthalten, den Einfluß der chemischen Wirkung in der Erzeugung der Elektricität der Säule anzuerkennen. Da sie aber demungeachtet Schritt für Schritt den Boden vertheidigen wollen, so haben einige unter ihnen, wie Davy, behauptet, daß sich die chemische Wirkung nur dadurch äußere, daß sie Produkte erzeuge, deren Contact mit den Elementen eines jeden Paares die Ursache der elektrischen Erscheinungen sei. Obgleich dieser Einwurf nicht ernstlich war, so konnte er doch unterstützt werden und wurde es auch von Davy zu einer Zeit, wo man die elektrischen Erscheinungen, die bei den chemischen Wirkungen hervorgebracht wurden, noch nicht analysirt hatte; es ist aber in unseren Tagen leicht, sie vermittelst der folgenden Beobachtung, die von Edmund Becquerel herrühet, ganz über den Haufen zu werfen.

„Wenn eine Substanz unter dem Einflusse des *Lichtes auf* eine andere wirkt, so kommen, wie bei *allen chemischen* Reaktionen, elektrische Phänomene

ſchein, die ſich ſo lange zeigen, als dieſer
auert. Hört er auf, ſo iſt keine Spur von
it mehr da, und doch dauert der Contact
en Metallplatten neu gebildeten Subſtanzen
rt, und nichts iſt in der Kette geändert."
Verſuch, den wir als einen Grundverſuch
, und den wir in dem Werke berichten wer-
t demnach, daß ein Contact, den keine che-
irkung begleitet, das Gleichgewicht der elek-
kräfte nicht ſtören könne. Das Licht allein
Löſung dieſer Aufgabe behülflich ſein, weil
rlaubt, die chemiſche Wirkung nach Belieben
oder verſchwinden zu laſſen, ohne den Con-
heben; eine Bedingung, welche die gewöhn-
miſchen Agentien nicht erfüllen können.
gens iſt die Frage der Elektricitätsentwick-
er Säule ſo verwickelt, daß ſie nicht getheilt
ann; um ſie vollſtändig abzuhandeln, muß
aus dem phyſiſchen und chemiſchen Geſichts-
trachten; geſchieht dies nicht, ſo muß man
n Folgerungen, die man aus den Verſuchen
nothwendiger Weiſe verirren.
Elektricität beſteht in der neueſten Zeit aus
iedenen Thatſachen, daß es ſehr ſchwer iſt,
ob dieſelbe Abtheilung alle diejenigen zu brin-
che Beziehungen unter ſich haben, beſonders
n die chronologiſche Ordnung der Entdeckun-
lgen will; daher ſind wir auch in dieſer
ng unſerer Kenntniſſe in der Elektricität ge-
Theile nach einander aufzuführen, welche
b keine Verhältniſſe unter ſich zu haben ſchei-
er Uebelſtand war aber unvermeidlich. Der
lcher dies bereits wahrnehmen konnte, wird
s Folgende einen neuen Beweis davon er-

Marum hatte beobachtet, daß, wenn man
dung einer Leydener Flaſche an einen Me-

talldraht von einem kleinen Durchmesser gehen lasse, dieser sich verkürze; bei Bestätigung dieser Thatsache bemerkte Edmund Becquerel, daß dieser Draht eine wellenförmige Einrichtung annahm, was anzuzeigen schien, daß sich die Elektricität mit einer Art von wellenförmiger Bewegung fortpflanze. Eine ähnliche Erscheinung wurde an Klingelschnüren beobachtet, an denen der Blitz herabgefahren war.

Die Wirkung der Magnete auf alle Körper hatte bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts die Aufmerksamkeit Coulombs auf sich gezogen; wir hatten uns ebenfalls damit beschäftigt, indem wir zu gleicher Zeit untersuchten, wie sich in Beziehung auf sie die elektrischen Ströme verhalten, als Arago im Jahre 1825 die außerordentlich merkwürdige Thatsache entdeckte, daß auf die Weite (amplitudo) der Schwingungen der Magnetnadel, die Nähe metallischer Substanzen, die sie umgeben, einen Einfluß ausüben, und daß die Schwingungen zwar nicht in ihrer Geschwindigkeit, wohl aber in ihrer Weite abnehmen. Er wurde nachher auf die folgende, ebenso merkwürdige Thatsache geleitet: Wenn man eine freihängende Magnetnadel über einer Kupferscheibe anbringt, welcher man eine drehende Bewegung gibt, so weicht die Nadel um einen um so größeren Winkel ab, je schneller die Bewegung ist.

Herschel und Babbage wiederholten den Versuch auf eine umgekehrte Weise, d. h. sie drehten eine freihängende Metallscheibe dadurch, daß sie einem unter ihr angebrachten Magnete eine drehende Bewegung gaben. Diese Erscheinungen blieben unerklärt, bis Faraday durch die Entdeckung der elektrischen Ströme, welche durch den Einfluß der Magnete oder der elektrischen Ströme in benachbarten Leitern hervorgebracht wurden, ein helles Licht über die Verhältnisse verbreitet hatte, welche zwischen den Mag-

und den elektrischen Strömungen bestehen. Aus
Bemühungen des gelehrten englischen Physikers
auch wirklich zuerst eine Bestätigung der theo-
en Ansichten Ampere's über die Magnete, sodann
ehr einfache Erklärung der von Arago entdeckten
inungen hervor. Dieſe Arbeit iſt eine der wich-
unſerer Zeit.

raday nannte voltaiſche Induction dieſes
ögen der elektriſchen Ströme, an dem Stoffe,
ihrer Nähe iſt, dieſen beſonderen Zuſtand, von
nan ſo eben geſprochen hat, zu erregen. Da-
mmen die Benennungen Inductor und durch
ction erzeugt. Wenn man die Richtung des
tors mit der des Stromes, der durch Induction
gebracht worden iſt, vergleicht, ſo ſieht man,
eide in einer entgegengeſetzten Richtung gehen.
urch Induction hervorgebrachte Strom hat nur
ugenblickliche Dauer: vernichtet man den In-
, ſo erzeugt ſich ein durch Induction hervor-
hter Strom nach derſelben Richtung, welche
letztere hat.

agnete, die man in Spiralen bringt, welche
upferdrähten gemacht ſind, erzeugen ähnliche
inungen, und geben, ſowie man den Magnet
bringt, einen augenblicklichen Strom, deſſen
ng von dem hineingebrachten Pole abhängt;
man den Magnet hinweg, ſo hat man einen
Induction erzeugten Strom, welcher eine ent-
geſetzte Richtung hat. Endlich hat Faraday an
drähten mit dem Erdmagnetismus Erſcheinungen
en, welche denen, die er mit den Magneten
htete, ähnlich ſind.

s dieſen Grundthatſachen leitet man folgende
ungen ab:

Unmöglich kann ſich eine Metallkugel drehen,
n ihrem Innern nach einer Ebene, die auf ihrer
hungsebene ſenkrecht iſt, elektriſche Strömungen

hervorzubringen, wofern nicht die Drehungsachse mit der Richtung der magnetischen Inclination zusammenfällt.

2) Man kann kein Stück Metall, das mit andern im Contacte ist, bewegen, ohne in diesen elektrische Strömungen hervorzubringen.

3) Ein Metalldraht kann seine Stelle nicht verändern, ohne daß Ströme vorkommen, die durch Induction hervorgebracht werden.

4) In den Dampfmaschinen oder andern, welche bewegliche Metalltheile enthalten, bilden sich zufällige magnetoelektrische Verbindungen, welche bisher noch unbeobachtete Wirkungen hervorbringen.

Zu verschiedenen Zeiten hat man sich viel mit den drehenden Bewegungen des Queckſilbers und im Allgemeinen mit den Bewegungen abgegeben, welche in den Körpern durch die Elektricität hervorgebracht werden. Davy beobachtete, daß Queckſilbertropfen, welche auf dem Boden eines Gefäßes, das eine Salzauflösung enthielt, zwischen die beiden Pole einer Säule gebracht wurden, eine sehr schnelle Bewegung annahmen und sich gegen die negative Seite hin verlängerten. Herschel gab sich mit der nämlichen Erscheinung ab, studirte sorgfältig alle Einzelnheiten derselben und wurde auf diese Weise auf neue Beobachtungen geleitet, welche wir hier wegen der Einzelnheiten, in welche wir uns einlassen müßten, um bloß einen Begriff davon zu geben, nicht anführen können; ebenso verhält es sich mit den Versuchen Serulla's und Nobili's über den nämlichen Gegenstand. Wenn wir von den mechanischen Wirkungen sprechen, welche die voltaische Elektricität hervorbringt, so dürfen wir nicht vergessen, Porrett's Versuch anzuführen, vermittelst dessen er bewies, daß, wenn ein Strom in eine mittelmäßig leitende Flüſſigkeit geht, in welcher sich eine Scheidewand von Goldschlägerhaut befindet, die Flüſſigkeit

aus dem positiven Fache in das negative Fach geschafft wird, was zu beweisen sucht, daß die positive Elektricität in Ueberwindung der Hindernisse mehr Kraft besitzt als die negative Elektricität. Andere von uns beobachteten analogen Thatsachen haben auf den nämlichen Schluß geleitet.

Fusinieri hat Abtretungswirkungen (effets de transport) analysirt, welche von Hawksbee, Priestley und Beccaria bemerkt worden waren, d. h. wenn die Elektricität einen Körper verläßt, so nimmt sie Theilchen von diesem Körper mit sich, welche sie auf der Oberfläche desjenigen absetzt, in welchen sie übergeht. Der Blitz bringt ähnliche Erscheinungen hervor.

Das elektrochemische Aussehen, das bei gewissen Auflösungen auf Metallplatten durch die zersetzende Einwirkung des Stroms hervorgebracht wird, ist mit einem großen Scharfsinne von Nobili untersucht worden, welcher an diesem Aussehen farbige Ringe erkannte, welche die reichsten und die mannigfaltigsten Farben zeigten; indem er diese mit Kunst ordnete, hat er es dahin gebracht, herrliche Zeichnungen hervorzubringen, welche die glänzendsten Farben entfalten und deren geschickt nüancirte Färbungen dem Auge äußerst wohlthun.

Man glaubte zur Zeit Davy's, daß es, um große Zersetzungswirkungen zu erhalten, nothwendig sei, sehr kräftige elektrische Ströme anzuwenden; wir haben aber bewiesen, daß diese Bedingung nicht unerläßlich sei, wenn sich die Elemente, welche durch die Ströme fortgeschafft werden sollen, in Folge chemischer Reaktionen schon im status nascens befinden. Die Magnesia und die Süßerde z. B., welche der Wirkung der kräftigsten Säuren entgangen waren, wurden auf diese Weise reduzirt.

Davy hatte nur darauf gedacht, die Körper auf eine elektrochemische Weise zu zersetzen; wir haben gezeigt, daß man die Elektricität eine andere Rolle

spielen lassen könne, indem man sich ihrer zur Bildung unlöslicher Zusammensetzungen und solcher Substanzen bedient, welche denjenigen, die man in der Natur antrifft, ähnlich sind; zu dem Ende darf man nur mit langsamen Wirkungen operiren. Diese neue Richtung, welche der Elektrochemie gegeben wurde, schreibt sich vom Jahre 1828 her und führte auf die Untersuchung über die Anwendung der elektrischen Ströme, um das Dasein gewisser Körper in den Auflösungen nachzuweisen und sie sogar durch Benützung ihrer elektrochemischen Eigenschaften von einander zu trennen. Sie hat uns auch den Weg zu einem Verfahren gebahnt, um das Gold aus einer Auflösung zu gewinnen, welche Gold, Kupfer und Blei enthält, ohne die anderen Metalle anzurühren.

Der Zweck dieser verschiedenen Forschungen war, den Grund zu der Elektrochemie zu legen, demjenigen Theile der physikochemischen Wissenschaften, welcher die Wirkungen der in den schwächsten chemischen Reaktionen frei gewordenen Elektricität mit denen der Verwandtschaften eintreten läßt, um die Energie dieser letzteren zu vermehren und zu vermindern, so wie man die Wärme anwendet, um die Stärke des Zusammenhangs zu besiegen und das Spiel der Verwandtschaften unter Umständen zu erregen, wo sie sich nicht zeigen. Aus diesem Gesichtspunkte ist die Elektrochemie nur ein Anhang der Chemie. Um sich in dieser Wissenschaft einzuweihen, muß man ein gründliches Studium der elektrischen Erscheinungen anstellen, welche erstens in der Wirkung der tropfbarflüssigen Körper und der Gase auf die festen Körper, zweitens in der Wirkung der tropfbarflüssigen Körper hervorgebracht werden. Diese Untersuchung gehört in die nämliche Ordnung mit derjenigen, welche die Entwicklung der Wärme bei dem Verbrennen betrifft. So wie man es aber dahin gebracht hat, den größeren Theil der bei dem Verbrennen erzeugten

Wärme zu sammeln, ebenso muß auch der Physiker die einfachen Mittel angeben, soviel als nur möglich von der bei den mannigfaltigen, angewandten Weisen entwickelten Elektricität zu sammeln.

Als man die langsamen Wirkungen unter dem Einflusse der elektrischen Kräften untersuchte, so ist man darauf geführt worden, die Ursachen zu erforschen, welche auf die elektrochemischen Wirkungen im Allgemeinen einen Einfluß ausüben; diese Ursachen sind zahlreich und beziehen sich im Allgemeinen auf die Beschaffenheit der wirkenden Oberflächen. Wir führen besonders die Oxydirung, die Ungleichartigkeit der Theile, die Eigenschaften an, welche denjenigen des Eisens gleich sind, das in Salpetersäure getaucht wurde, welche machen können, daß gewisse Theile von dieser Säure nicht angegriffen werden.

Man hat gesehen, daß es zum Grundsatze aufgestellt worden war, daß Alles, was dahin abzweckte, das natürliche Gleichgewicht der Molekülen zu stören, eine Ursache der Elektricitätsentwicklung sei; wir mußten untersuchen, ob die mechanischen Ursachen, wie z. B. die Reibung, das Zerreiben und die Zerstücklung, welche Elektricität entwickeln, nicht auch chemische Veränderungen in den Körpern bewirkten, und wir sind auf diese Weise auf den Grundsatz geleitet worden, daß, wenn eine Substanz eine dieser Wirkungen erleidet, häufig eine Trennung der Elemente und demnach Zersetzung stattfindet, und wir haben es auf diese Art dahin gebracht, doppelte Zersetzungen zu bewerkstelligen. Ein Beispiel wird hinreichen, um einen Begriff von dieser Wirkungsweise zu geben. Wenn man in einem Mörser von Agat eine ganz trockene Mischung von kohlensaurem Baryt und schwefelsaurem Natron zerreibt, so erhält man schwefelsauren Baryt und kohlensaures Natron.

Die zu Wiedererzeugung der krystallisirten mineralischen Substanzen und der unlöslichen Zusammen-

setzungen angewandte Elektricität erheischte ein besonderes Verfahren, das die Methode der doppelten Zusammensetzung oder der aufeinanderfolgenden Zusammensetzung genannt wurde und mit dessen Hülfe man metallische, kohlensaure, phosphorsaure, arsenikſaure Salze wieder erzeugen konnte u. s. w.

Die Cementirung, wenn man sie so betrachtet, als habe sie einen elektrischen Ursprung, ist in der Bildung des Stahls, der Pseudomorphosen studirt worden; wir mußten uns bei dem Erforschen der Ursachen, welche bei der langsamen Veränderung der Metalle mitwirken, nothwendig der Untersuchung dieser Frage hingeben.

Bei Allem, dessen soeben erwähnt worden ist, hat man nur von der Elektricität gesprochen, welche als chemische Kraft auf aufgelöste Substanzen wirkt; sie kann aber auch auf unlösliche Substanzen wirken, wie dies Davy zuerst zeigte, und unsere Forschungen haben uns in dieser Beziehung auf interessante Beobachtungen über die Zersetzung der Gesteine geführt.

Die Anwendungen der Elektricität auf das Studium einiger geologischen Erscheinungen haben Versuche hervorgebracht, deren Folgerungen auf verschiedene Weise erklärt worden sind, so glaubte man z. B. elektrische Ströme in den Gängen zu bemerken und sogleich hielt man sie für die Ursache langsamer Zersetzungen und einiger von den geologischen Veränderungen, welche zu verschiedenen Zeiten stattgefunden haben und noch vorkommen. Wir glauben aber bewiesen zu haben, daß die Mittel, welche zur Erkennung der Gegenwart dieser Strömungen angewandt wurden, nicht geeignet waren, diese Wahrheit zu begründen, und daß die Erdrinde, welche aus Gesteinen besteht, welche die Elektricität nicht leiten, demnach *auch nicht* von Strömen durchzogen werden könne und *daß man*, wenn Ströme vorkommen, sie nur in sehr

schmalen Theilen finden könne, wo metallische Substanzen vorkommen: der Mangel an Gewohnheit bei Beobachtung der elektrischen Erscheinungen, die bei den chemischen Wirkungen vorkommen, mußte die Beobachter zu einem Irrthume verleiten.

Die Anwendung der Elektricität, entweder auf die Chemie oder auf die Geologie oder auf die Künste, verlangte Apparate, welche eine constante Kraft besaßen, oder welche wenigstens nur schwache Veränderungen in einem gewissen Zeitraume erlitten.

Die Trogapparate erfüllten diesen Zweck bei weitem nicht, weil sie schnell zu funktioniren aufhören. Wir haben einfache Principien angegeben, mit deren Hülfe man voltaische Apparate mit constanter Strömung erbauen kann und welche uns seit zehn Jahren zu elektrochemischen Forschungen Dienste leisteten. Erst mehrere Jahre nachher erbaute Daniell mit Annehmung des nämlichen Grundsatzes und des nämlichen Mittels eine Säule mit constanter Strömung, welche wegen der erhaltenen Anordnung zu einem praktischen Apparate wird. Seit dieser Zeit gab es viele Veränderungen in diesen Anordnungen und in den dazu gebrauchten Flüssigkeiten. Noch vor Daniells Bemühungen hatten wir die Säule mit Sauerstoffgas beschrieben, zu welcher nur Salpetersäure eine Auflösung von Aetzkali und zwei Platinaplatten kommen, welche metallisch mit einander in Verbindung stehen. Diese Säule, welche eine reichliche Entwicklung von Sauerstoff in der Kalilösung gibt, dient gleichfalls zu einem Apparate mit constanter Strömung, wenn man keines sehr starken Stromes bedarf; sie verdankt die Regelmäßigkeit ihrer Wirkung dem Umstande, daß die Metallplatten nicht polarisirt werden. Um die Wirkung der Säulen mit constanter Strömung noch besser zu regeln, so hat man statt des Zinks den amalgamirten Zink angewandt, welcher die Eigenschaft besitzt, in dem säuerlichen Wasser nicht angegriffen zu werden. Wenn

man es aber mit einem Metalldrahte, welcher von der Flüssigkeit nicht angegriffen wird, berührt, so löst sich der Zink auf und der Wasserstoff entwickelt sich in Menge auf dem Platin. Diese Eigenschaft des amalgamirten Zinks ist zum ersten Male von Davy in seiner Lecture Backerienne für das Jahr 1826 angegeben worden; aber Kemp aus Edinburg hat es zuerst bei Verfertigung der voltaischen Apparate angewandt. Sturgeon und Faraday stellten gleichfalls Forschungen über diese Eigenschaft an.

Das allgemeine Princip, das man bei Erbauung der Säulen mit constanter Strömung nicht aus dem Auge verlieren darf, besteht darin, daß die angewandten Platten nie so polarisirt sein dürfen, daß sie dem Hauptstrome in Folge der Wirkung eines nach entgegengesetzter Richtung gehenden Stromes Abbruch thun.

Es ist nicht hinreichend, eine Kraft zu haben, um sie Wirkungen hervorbringen zu lassen, weil diese von der Intensität dieser Kraft abhängig sind, sondern man muß auch noch die Mittel besitzen, diese Intensität genau zu messen. Wir haben die verschiedenen Mittel angegeben mit einer großen Genauigkeit die Verhältnisse zu messen, welche zwischen der Intensität des Stroms und der Abweichung der Magnetnadel des Multiplikators stattfindet. Mehrere Physiker haben die nämliche Frage in Beziehung auf die Ströme von einer gewissen Intensität abgehandelt. Wir führen besonders Pouillet an, welcher die Boussole der Tangenten und die der Sinus, die zu diesem Zwecke angewandt werden, beschrieben hat.

Daniell benützte die Säule mit Strömungen (Transact. phil. 1839), um zu erforschen, auf welche Weise die elektrochemische Zersetzung der secundären Zusammensetzungen vor sich gehen. Aus seinen Versuchen geht hervor, daß das Wasser der Verbindungen zu gleicher Zeit mit diesen so zersetzt wird, daß die

ung eines Aequivalent Wassers derjenigen eines
alents dieser Verbindung entspricht, so daß
wenn man in eine voltaische Kette einen Volta-
stellt, welcher eine Mischung von Wasser und
felsäure enthält, die nämliche Menge von Sauer-
nd Wasserstoff erhält, wie die, welche man in
nderen Apparate bekam.
aniell hat ferner erkannt, daß, wenn man der
nden Wirkung der Säule eine Mischung von
r und Schwefelsäure oder eines Alkali aussetzt,
man das Gefäß, welches die Flüssigkeit enthält,
telst einer Scheidewand aus einer Blase oder
andern Substanz in zwei Theile theilt, ein
affen der Säure an den positiven Pol oder
lkali an den negativen Pol zu gleicher Zeit
r Zersetzung des Wassers stattfand. Resultate,
von der elektrochemischen Zersetzung der Ver-
ig des Wassers mit der Säure oder dem Alkali
ren.
s Harris einige Nachtheile in der Verfertigung
Anwendung der Drehwagen gefunden hatte, so
er vermittelst der Bifilarwage die Versuche
mbs in Beziehung auf die Bestimmung der
tions- und der Repulsionsgesetze der elektrischen
wieder auf; er hat sich vorzüglich bemüht, zu
, daß nicht alle diese Gesetze die Allgemeinheit
, die man bei ihnen voraussetzt. Wir wollen
sogleich angeben, daß er, während er gesteht,
e von ihm erhaltene Resultate bisweilen mit
großen Entdeckung Coulombs durchaus nicht über-
mten, diese Resultate unter diese Gesetze ge-
werden können, wenn man auf die Wirkungen
Vertheilung Rücksicht nehme, welche zwischen
lektrischen Körpern stattfinden, die sich in kleiner
nung von einander befinden. Coulombs Gesetz
o in diesem Falle nur durch eine Wirkung der
tion verhüllt; übrigens ist es durch zahlreiche

Versuche und durch die analytischen Arbeiten Poissons so gut begründet, daß es gegen jeden Angriff geschützt ist.

Harris verdankt man gleichfalls interessante Versuche über die Umstände, welche die elektrische Entladung zwischen zwei Leitern begleiten und welche wir hier nicht erklären können: wir wollen hier jedoch die vorzüglichsten Gesetze anführen, die er erhalten hat:

1) Die gegenseitigen Elektricitätsmengen von entgegengesetzter Natur, welche erforderlich sind, um einen gegebenen Zwischenraum zu durchlaufen, sind in einem einfachen Verhältniß mit der Dichtheit der Luft verschieden.

2) Beträgt die Dichtheit die Hälfte, so findet die Entladung mit der Hälfte der angehäuften Menge d. h. mit einem Viertel der Intensität oder freien Wirkung Statt.

3) Die Entfernung, in welcher sich eine gegebene Anhäufung entladen kann, steht in einem einfachen Verhältnisse mit der Dichtheit der Luft.

Faraday, dem man eine so große Menge wichtiger Entdeckungen in der Elektrochemie verdankt, suchte die Inductionskraft der isolirenden Substanzen zu bestimmen. Man weiß, daß, wenn man einen isolirenden Körper zwischen einen elektrisirten und einen anderen bringt, der es nicht ist, der erste auf diesen trotz dem dazwischen befindlichen Körper eine Wirkung durch Induction oder durch Vertheilung ausübt. Aber auf welche Weise wirkt der dazwischen befindliche isolirende Körper? Verringert er die Wirkung und in welchem Verhältnisse nach der Natur des Körpers? Dies sind die Fragen, die sich der *englische Physiker* vorgenommen hat. Er fängt damit an, das Inductionsvermögen für das kohlensaure

Gas, den Wasserstoff, den Terpentingeist, den Lack, den Schwefel und das Glas zu bestimmen, und er hat aus seinen Versuchen, was man übrigens bereits annahm, abgeleitet, daß die Induction auf die nämliche Weise wie die Fortpflanzung der elektrischen Flüssigkeit in den leitenden Körpern bewirkt werde, mit dem Unterschiede jedoch, daß in dem ersteren Falle keine Uebertragung stattfindet, während dies in dem zweiten Falle geschieht.

Faraday, welcher die elektrischen Erscheinungen an einige allgemeine Principien zu knüpfen wünschte, hat die Verhältnisse außerordentlich sorgfältig studirt, welche zwischen der Induction, der Leitbarkeit und den verschiedenen elektrischen Entladungen stattfinden. Diese Arbeit hat eine solche Ausdehnung, daß wir sie hier nur anführen können. Man findet sie vollständig entwickelt in dem fünften Theile unseres Werkes; aber eine der wichtigsten Entdeckungen Faraday's in der Elektrochemie ist ohne Zweifel die, von der bestimmten chemischen Wirkung der Elektricität, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Die Wirkung der voltaischen Elektricität auf die organischen Stoffe, besonders auf den Alkohol und den Aether ist in den letzten Jahren sorgfältig untersucht worden. Wir führen vorzüglich Arthur Connel an, welcher fand, daß in dem Alkohol das Wasser allein unter der zersetzenden Wirkung leide, daß der Wasserstoff sich am negativen Pol entwickle und daß der Sauerstoff durch sein secundäres Wirken Verbindungen hervorbringe, die sich in dem Alkohol auflösen oder sich niederschlagen; er schloß daraus, daß der absolute Alkohol Wasser als constituirendes Princip enthalten müsse; da nun der Aether unter denselben Umständen unter der zersetzenden Wirkung des Stromes nicht leidet, so schloß Connel daraus, daß der Aether kein Wasser unter seinen constituirenden Stoffen *enthalte*.

Edmund Becquerel hat im Jahr 1839 eine Reihe von Forschungen begonnen, um die elektrochemischen Wirkungen zu studiren, die in den chemischen Veränderungen vorkommen, welche der Einfluß des Lichtes bei den Körpern, besonders bei der Zersetzung des Brom-, Chlor-, Jod-Silbers in den Körpern hervorbringt: die Resultate, zu welchen er gelangte, stehen unter den allgemeinen Principien, von denen man vorher gesprochen hat. Mit Hülfe eines Instrumentes, das er elektrochemischen Actinometer nannte, bestimmte er die Intensität der chemischen Wirkung eines jeden Theils von dem Sonnenspectrum; diese Versuche sind um so wichtiger, als sie ihn in den Stand setzten, die Contactfrage auf folgende Weise zu lösen:

Wenn eine Substanz auf eine andere unter dem Einflusse des Lichtes wirkt, so erzeugen sich, wie bei jeder chemischen Reaktion, elektrische Erscheinungen, die sich so lange zeigen, als dieser Einfluß dauert. Hört dieser auf, so ist keine Spur von Elektricität mehr da, und doch besteht der Contact, der aus den Metallplatten gebildeten neuen Substanzen immerfort und nichts ist an der Kette geändert. Man kann also aus dem Vorhergehenden ableiten, daß ein Contact, auf den keine chemische Wirkung folgt, das Gleichgewicht der elektrischen Kräfte nicht stören könne. Wir wiederholen es, man konnte die Frage nur mit Hülfe des Lichtes lösen, welches gestattet, die chemische Wirkung nach Belieben entstehen oder verschwinden zu lassen, ohne den Contact aufzuheben, eine Bedingung, welche mit den gewöhnlichen chemischen Agentien nicht erfüllt werden kann.

Man verdankt ihm ferner Beobachtungen über die elektrischen Wirkungen, welche durch den Contact von zwei verschiedenen übereinander befindlichen Auflösungen unter dem Einflusse des Lichtes hervorgebracht

werden; die erhaltenen Resultate zeigen z. B., daß die elektrischen Wirkungen bei der Reaktion von zwei Auflösungen auf einander durch besondere elektrochemische Wirkungen verwickelt werden, welche aus der Rückwirkung des Lichtes auf die Platinaplatten und die umgebenden Flüssigkeiten entspringt, eine Rückwirkung, welche keine Wärme erzeugt, und deren Natur uns unbekannt ist. Diese Art von Forschungen muß nothwendig auf wichtige Resultate in Beziehung auf die chemische Wirkung des Lichtes auf die Körper führen. Er hat ferner den Einfluß untersucht, welchen die in Wasser aufgelösten Körper auf die elektrochemische Zersetzung desselben ausüben, und hat daraus ein einfaches Mittel abgeleitet, das man zu Vergleichung der Verwandtschaften unter sich anwenden könne.

Da zu der gegenwärtigen Zeit die Forschungen über die Elektricität außerordentlich entwickelt worden sind, so ist es gar nicht befremdend, daß alle Zweige, woraus dieser Theil der Physik besteht, zu gleicher Zeit, betrieben wurden; daher sind wir verpflichtet, in dieser Notiz nach der Reihe Thatsachen anzuführen, welche unter sich in keiner starken Verbindung stehen. Der Leser wird uns also verzeihen, daß wir so oft mit dem Gegenstande wechselten. In der neuesten Zeit hat man eine beträchtliche Elektricitätsentwicklung an einem Dampfstrahle beobachtet, der aus einem Dampfkessel hervorkam. Armstrong (Ph. Mag nov. 1840) hat zuerst diese Thatsache beobachtet, welche sodann von Schafthoult (Ph. Mag. sev. 1841), Peltier und mehreren anderen Physikern untersucht wurde. Alle Versuche, welche in der Absicht unternommen wurden, auf die Ursache der Erscheinung zurückzukommen, beweisen in Beziehung auf die erhaltenen Resultate, daß zu den elektrischen Erscheinungen, welche während der Verflüchtigung hervorgebracht werden, Wasser komme, welches aufgelöstes *Salz enthalte*; denn sie findet nur insoweit

Statt, als das Wasser des Dampfkessels irgend ein Salz enthält, und daß sich eine Kruste bilde; was aber die Erscheinung außerordentlich complicirt macht, das sind die Wirkungen, welche erstens in der chemischen Wirkung der Flüssigkeit auf das Gußeisen; zweitens, in der Trennung des Wassers von den Substanzen, welche es aufgelöst enthält, und in Wärme erzeugenden Wirkungen, deren Ursache noch nicht bekannt ist, hervorgebracht werden.

Nach allem dem ist es nicht befremdend, daß man noch keine vollkommen befriedigende Erklärung von der Hauptthatsache in den verschiedenen Umständen, wo sie beobachtet worden ist, gegeben hat.

Unter den Anwendungen, welche die Aufmerksamkeit in diesem Augenblicke erregen, sind vier hauptsächliche: die elektrochemische Behandlung der Silber-, Kupfer- und Bleierze, die Galvanoplastik, das Vergolden und endlich die Telegraphie.

Die elektrochemische Behandlung der Metalle hat uns seit fünf Jahren beschäftigt. Diese für die Künste so wichtige Frage war voller Schwierigkeiten, welche nur mit Hülfe der Zeit, mit Geduld und mit ziemlich beträchtlichem Aufwande überwunden werden konnten; denn es war nicht hinreichend, in dem Laboratorium glücklich zu sein, man mußte auch im Großen operiren. Dieser Grund veranlaßte uns, unterstützt von einigen Industriellen, eine Probehütte zu erbauen, in welcher man mehrere Tausend Kilogramme Silbererz mit einem solchen Erfolge behandeln könnte, daß man hoffen dürfe, daß diese Behandlungsweise angewandt werde, sobald man die Ungunst besiegt haben wird, welche gewöhnlich neue Verfahrungsweisen im Gefolge haben.

Die Galvanoplastik ist nur eine Anwendung der Verfahrungsarten, deren wir uns seit langer Zeit *entweder zu* Bildung unlöslicher Substanzen oder bei *der Behandlung* der Erze bedienen. Man hat sich

um die Ehre dieser Anwendung gestritten; aber Jakobi ist der erste, welcher unsere Principien auf die Galvanoplastik anwandte. Er hat wirklich in einem Briefe an Faraday, der jeder anderen öffentlichen Bekanntmachung voranging, geschrieben, daß es ihm gelungen sei, erhabene und vertiefte Abdrücke mit einer gravirten Kupferplatte mit einer solchen Genauigkeit zu erhalten, daß die feinsten Linien mit einer seltenen Vollkommenheit wieder hervorgebracht werden. Seit dieser Zeit ist diese Kunst sehr vervollkommnet worden, und man kann heutzutage nicht bloß halberhabene Arbeiten von einer großen Ausdehnung, sondern auch sogar Statuen erhalten. Obgleich die Galvanoplastik Wichtigkeit haben mag, so wird sie doch nicht so viele erhalten, als die elektrochemische Vergoldung, deren Anwendung täglich vorkommt.

De la Rive ist zuerst auf die Idee gekommen, das Gold auf die Metalle dadurch zu bringen, daß er unsere einfache elektrochemische Apparate benützte; und er hat diese Idee verwirklicht. Obgleich er aber eine gute Vergoldung erhalten hatte, so befriedigte sie doch die Forderungen der Industrie nicht. Die Auflösung, die er anwandte, gestattete es ihm nicht. Elkington brachte diese Kunst dadurch weiter, daß er mehrere Auflösungen, die alkalinischen Goldtinkturen und die doppelten Cyanüren angab und von der Wirkung mehrerer voltaischen Paare Gebrauch machte.

Ruolz hat die Frage wieder aufgenommen und unter allen denen, welche sich damit beschäftigt haben, hat er die besten Auflösungen nicht bloß für die Auftragung des Goldes auf Silber, Kupfer, sondern auch für die eines Metalls auf ein anderes erhalten hat. Die Stücke, welche er erhalten hat, scheinen die Bedingungen der Solidität und der Schönheit, welche in den Künsten verlangt werden, zu vereinigen. *Bei Analysirung* der hervorgebrachten Wir-

kungen haben wir gezeigt, daß man mit Hülfe der langsamen Wirkungen, welche von den einfachen Apparaten hervorgebracht werden, herrliche Vergoldungen erhalte, die stark an den Metallen anhängen, und daß man das Filigran vollkommen vergolden könne. Wir haben zu gleicher Zeit gezeigt, daß die langsamen Wirkungen vorzüglicher als die schnellen sind.

Die Anwendung der Elektricität auf die Telegraphie beschäftigt die Physiker seit wenigstens vierzig Jahren: alle Versuche waren aber fruchtlos, daher werden wir derselben nicht erwähnen. Wheatstone zeigte zuerst die Möglichkeit, Wörter, Sätze mit Einfachheit und Ersparniß auf große Entfernungen fortzupflanzen; er hat auf Entfernungen von beinahe zwanzig Meilen glückliche Versuche angestellt. Gauß und Weber haben sich mit demselben Gegenstande beschäftigt. Ihre ersten Versuche wurden in den Göttinger gelehrten Anzeigen für 1834 und sodann in Schuhmachers Tagebuch für 1836 erwähnt. Die einzige Schwierigkeit dieser Art, den Gedanken auf große Weiten fortzupflanzen, ist die Anbringung eines Conduktors, der gegen die Bosheit geschützt ist. Man war auf den Gedanken gekommen, sich hiezu der Schienen bei den Eisenbahnen zu bedienen; man hat aber bald eingesehen, daß die schlechte Leitungsfähigkeit des Gußeisens und die zahllosen Unterbrechungen der Stetigkeit ein Hinderniß wären. Die Frage bleibt noch heutzutage bei diesem Punkte stehen.

Die Phosphorescenz ist seit einem Jahrzehent in ihren Beziehungen zu der Elektricität untersucht worden; ein elektrischer Ursprung kann ihr nicht abgesprochen werden. Es ist auch wirklich bewiesen, daß eine Entwicklung der elektrischen Flüssigkeit jedesmal Statt findet, wenn die Moleküle der Körper irgend *eine Störung* entweder in ihrer Constitution oder *in ihrer* Gruppirung erleiden. Da diese Entwick-

lung immer mit einer Wiedervereinigung der beiden Flüssigkeiten begleitet ist, auf welche nach der Natur der Körper und der Spannung der Elektricität eine Licht- und Wärme-Ausscheidung selbst alsdann erfolgen kann, wenn die Moleküle nicht getrennt werden, so muß daraus hervorgehen, daß, wenn diese Moleküle durch den Stoß, die Wärme, die chemische Wirkung oder den elektrischen Schlag erschüttert oder getrennt werden, gleichfalls Lichtausstrahlung stattfinden könne. Da nun diese Ursachen gerade das Phosphoresciren hervorbringen, so ist man natürlicher Weise geneigt, daraus den Schluß zu machen, daß die Phosphorescenz einen elektrischen Ursprung habe.

Die Forschungen, welche zum Zwecke haben, den elektrischen Ursprung der Phosphorescenz zu begründen, haben uns darauf geleitet, die Natur der Strahlung zu studiren, welche von dem elektrischen Funken ausgeht, welcher die Phosphorescenz auf Entfernung erregt. Die Versuche haben bewiesen, daß das elektrische Licht besondere Strahlen besitze, die von denen verschieden sind, welche die Empfindung des Lichtes hervorbringen, und vermöge welcher die Phosphorescenz hervorgebracht wird. Das Licht also, welches leuchtende, wärmende, chemische Ausstrahlungen hat hat gleichfalls Phosphorescenz erzeugende Ausstrahlungen.

Die Nordlichter sind in Beziehung auf ihre Wirkung auf die Magnetnadel der Gegenstand fortgesetzter Beobachtungen gewesen. Aus einer Menge von Beobachtungen, die auf verschiedenen Punkten der Erde angestellt wurden, erhellt, daß die Nordlichter nicht blos an den Orten, wo sie sichtbar sind, sondern auch in entfernten Ländern eine Reaktion auf die Nadel ausüben, so daß man gar nicht mehr daran zweifeln darf, daß sie elektrischen Ursprunges seien, obgleich man noch nicht weiß, was die Quelle dieser

außerordentlichen Menge von Elektricität sein könne, die sich so oft in den Regionen anhäuft, die sich über unserer Atmosphäre befinden. Vor diesen Angaben hatte man nur die folgenden Thatsachen, um dem Nordlichte einen elektrischen Ursprung beizulegen: die Elektricität, welche in den leeren Raum übergeht, zeigt sich unter den nämlichen Lichterscheinungen, wie die, welche man an dem Nordlicht beobachtet; die Luft, welche immer weniger dicht wird, je mehr sie sich über die Oberfläche der Erde erhebt, die elektrischen Entladungen, welche in den höheren Regionen stattfinden, mußten die nämlichen Erscheinungen zeigen, wie in Röhren, die mit mehr oder weniger verdünnter Luft angefüllt sind. In unsern Tagen haben wir überdies die magnetischen Erscheinungen, welche von einem großen Gewichte bei dieser Frage sind.

Die Wasserhosen sind gleichfalls aus dem elektrischen Gesichtspunkte betrachtet worden. Peltier hat zu beweisen gesucht, daß sich alle Wirkungen dieses Meteors mit Hülfe der elektrischen Erscheinungen erklären lassen; die Arbeit, welche er in dieser Beziehung verfaßte, und deren hauptsächliche Resultate ich bei der Abhandlung über die Meteorologie angeben werde, ist mit der Art und Weise verbunden, wie er die Phänomene der Atmosphäre und insbesondere die ins Auge faßt, welche sich auf die Elektricität beziehen.

Die elektrochemischen Theorien, welche nach der Reihe vorgeschoben wurden, um die Verhältnisse zu begründen, welche zwischen den Verwandtschaften und den elektrischen Kräften stattfinden, umfaßten nur eine sehr beschränkte Zahl von Thatsachen; daher mußten sie auch nothwendig modifizirt werden, um alle Beobachtungen aufzunehmen, womit die Wissenschaft seit einigen Jahren bereichert wurde. Um den Grund zu einer guten Theorie zu legen, mußte man die *elektrischen* Wirkungen in Erwägung ziehen, welche die *chemischen* Verbindungen und Zersetzungen begleiten.

Rührt die Wirkung der heterogenen Theilchen auf einander und die Permanenz ihrer Vereinigung von elektrischen Kräften oder von Kräften her, deren Natur uns unbekannt ist? So geneigt man auch immer sein mag, die erste Frage bejahend zu beantworten, so müssen wir uns doch darauf beschränken, zu gestehen, daß die zahlreichen Thatsachen, die sich von allen Seiten erheben, Folgendes festzustellen suchen:

1) Es bestehen einige Verhältnisse zwischen den Verwandtschaften und den elektrischen Kräften, Verhältnisse, welche jeder elektrochemischen Theorie zu Grundlage dienen müssen.

2) Die beiden Urstoffe sind in den Zwischenräumen der Molekülen im Zustande einer natürlichen Elektricität vorhanden; sie werden in Folge mechanischer oder chemischer Wirkungen zu gleicher Zeit mit der daselbst befindlichen Wärme aus denselben vertrieben; der elektrische Zustand der Körper modifizirt unaufhörlich die Verwandtschaften.

3) Es ist eine außerordentlich große Menge natürlicher Elektricität in den Molekularräumen vorhanden, in welchen die geheimnißvollsten Erscheinungen der Natur vor sich gehen; eine Menge, welche mit den Kräften, durch welche die Moleküle vereint werden, dergestalt identificirt ist, daß man die Wirkung dieser Kräfte aufhebt oder schwächt, wenn man diese Elektricität ganz oder zum Theile wegschafft; wenn sie also die Verwandtschaften und die Aggregationskraft nicht begründet, so ist sie wenigstens zu ihrem Dasein unerläßlich.

4) Die alte Hypothese, daß die Wärme aus der Vereinigung der beiden Elektricitäten bestehe, besteht immer und beruht auf immer bündigeren Thatsachen; man hat bis jetzt nur wenige Ausnahmen gefunden, die ihr Eintrag thun können.

5) Die Elektricität, welche bei den chemischen Wirkungen *erzeugt* wird, ist nur eine Erscheinung,

welche aus der Wirkung der Verwandtschaften entspringt; sie verschwindet aber in umgekehrter Richtung bei der Zersetzung wieder. Diese beiden Wirkungen verrathen einen elektrischen Molekularzustand, der für die Permanenz der Vereinigung der heterogenen Theilchen in der Verbindung oder der gleichartigen Molekülen in der Constitution der Körper unerläßlich ist.

Es herrscht eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen der Theorie der bestimmten Verhältnisse und zwischen der der elektrochemischen Verwandtschaft, weil es jetzt nach Faraday's Beobachtungen bewiesen ist, daß die äquivalenten Theile der Körper gleiche Elektricitätsmengen enthalten. Daher besitzen die Atome, welche mit einander äquivalent sind, gleiche Elektricitätsmengen.

Das Vermögen der Massen bei der elektrochemischen Zersetzung der aufgelösten Salze läßt sich gleichfalls wahrnehmen; es ist aber sehr complexen Gesetzen unterworfen, welche von den relativen Mengen dieser Salze, von der Menge des Auflösungsmittels und von der Intensität des Stromes abhängen. Die Resultate, welche wir bereits in dieser Beziehung erhalten haben, können die Verhältnisse zu erkennen geben, welche zwischen den Verwandtschaften zweier Basen zu einer Säure, oder einer Base zu zwei Säuren stattfinden.

Unter den Physikern, welche sich mit der Elektrochemie beschäftigen, müssen wir Matteucci anführen, dem man Forschungen über die folgenden Gegenstände verdankt.

1) Ueber die Wirkungen, welche in dem Contacte der Gase und der nicht oxydirbaren Metalle hervorgebracht werden; 2) über die chemische Kraft des elektrischen Stromes und seine Verhältnisse zu der *Verbindungsweise* der zersetzten Körper; 3) über die *voltaische Zersetzung*, welche gleichzeitig an zwei mit

bindungen vom zweiten Range bewerkstelligt wurde; 4) über das Verhältniß, welches zwischen der chemischen Wirkung des Stroms und der relativen Zahl der chemischen Aequivalente besteht, welche zu der chemischen Verbindung der Zusammensetzungen kommen. Kurz, er ist der Vater äußerst interessanter Forschungen über den eigenen Strom des Frosches, über die Ursachen, welche ihn modifiziren, und über die, welche ihn erzeugen und noch nicht hinlänglich bekannt sind.

Diese allgemeinen Resultate sind nicht hinreichend, um daraus den Schluß abzuleiten, daß die Verwandtschaften von elektrischen Kräften herrühren und umgekehrt; alles, was man daraus abnehmen kann, besteht darin, daß sich die Verwandtschaften und die elektrischen Kräfte immer mit einander zeigen, und daß man sich nach Belieben der Verwandtschaften bedienen könne, um die elektrischen Kräfte hervorzubringen und umgekehrt. Seitdem ist es für den Chemiker in der gegenwärtigen Zeit unerläßlich, die bei den chemischen Wirkungen hervorgebrachten elektrischen Erscheinungen in Erwägung zu ziehen, wenn er zu den Fortschritten der physikochemischen Wissenschaften beitragen will, welche das Gebiet der Chemie nur erweitern können.

Man konnte sehen, daß wir uns bemühten, in starken Zügen den Gang zu zeichnen, den die Elektricität seit dem Anfange des verflossenen Jahrhunderts bis auf die gegenwärtige Zeit eingeschlagen hat, indem wir uns vorzüglich an die allgemeinen Erscheinungen hielten und über die einzelnen Fragen leicht hinweggingen; es sind sogar einige interessante Arbeiten vorhanden, die wir bloß angezeigt haben, auf welche wir aber im Verlaufe dieses Werkes zurückkommen werden.

Wenn man sich die Ursachen zu erklären sucht, welche *zu den Fortschritten* der Elektricität beigetragen

haben, so kann man sich der Bemerkung nicht enthalten, daß es vier Perioden gebe, in welchen dieser Theil der Physik in Folge der Entdeckung, welche diese Zeit auszeichnet, einen gewissen Impuls erhalten hat.

Erste Periode. Von den ältesten Zeiten, wo man nur die anziehende Kraft des Bernsteins und einiger Substanzen kannte, bis auf die Entdeckung der beiden Elektricitäten.

Zweite Periode. Diese umfaßt alles, was seit dem Ende der ersten Periode bis zur Entdeckung der Säule gefunden worden ist.

Dritte Periode. Diese enthält alles, was seit der Säule bis zum Elektromagnetismus in Folge aller Arbeiten, die mit diesem bewundernswürdigen Apparate, der als chemische, Wärme erregende und mechanische Kraft wirkt, vorgenommen wurden, entdeckt worden ist.

Vierte Periode. Sie fängt mit der Entdeckung Oerstedts an und endigt sich mit unserer Zeit. Diese Entdeckung hatte zur Folge: die Bestimmung der Gesetze, nach welchen sich die Attraktionen und Repulsionen der elektrischen Ströme richten; die Analyse der bei den chemischen Wirkungen vorkommenden elektrischen Erscheinungen und der bestimmten Wirkung der Elektricität; die Erbauung der Säule mit constantem Strome, ohne welche die elektrischen Kräfte für die Bedürfnisse der Künste und der Industrie nicht angewandt werden können; endlich die Unterschiebung der Elektricität mit geringer Spannung an die Stelle der Elektricität mit starker Spannung, nicht bloß um die Körper zu zersetzen, sondern um sie auch wieder zusammen zu setzen, was man mit der gewöhnlichen Säule nicht bewerkstelligen konnte; die Anwendung der Elektricität auf die Behandlung der Metalle, auf *die Galvanoplastik*, auf das Vergolden, auf die *Telegraphie*, auf die Maschinen als bewegende Kraft.

Der Impuls, welcher der Elektricität in dieser Periode gegeben wurde, ist so groß, daß man nicht bestimmen kann, wo er stille stehen wird, und welches einmal die Folgen desselben für die Physik, Chemie und die Naturwissenschaften sein werden.

Fünftes Kapitel.

Vom Magnetismus.

Geschichtliches und allgemeine Eigenschaften.

Ein elektrischer Strom, der einen Metalldraht durchläuft, welcher mit Seide umwickelt und schraubenförmig gewunden ist, zeigt an demselben, wie man weiß, Eigenschaften, die wir an einem Eisenerz wiederfinden, das von den Alten Magnetstein genannt wurde, weil es Eisentheilchen, die sich nicht sehr weit von demselben befanden, anzog.

Plinius berichtet in dieser Hinsicht, daß Dinokares dem Ptolomäus Philadelphus vorschlug, zu Alexandria einen Tempel zu erbauen, dessen Gewölbe aus Magnetsteinen bestünde, und eine eiserne Statue der Königin Arsinoe in der Luft tragen würde. St. Augustin erwähnt gleichfalls einer Statue, welche mitten in dem Serapistempel zu Alexandria schwebte. Die anziehenden Eigenschaften des Magnets fielen den Alten dergestalt auf, daß sie ihm sogar Heilkräfte zuschrieben; Hippokrates selbst setzte diese Substanz in die Zahl der Purgirmittel. Es scheint, daß die Chinesen größere Kenntnisse über die Eigenschaften des natürlichen und künstlichen Magnets als die Griechen und die Römer besaßen; denn man behauptet, daß sie mehrere Jahrhunderte vor der christlichen Zeitrechnung wußten, daß eine freihängende Magnetnadel sich nach den nämlichen Punkten im Raume, d. h. augenscheinlich von Norden *nach Süden* richte. Duhalde berichtet auch

wirklich in seiner Beschreibung von dem Kaiserthume China, daß man die Bussole auf Landreisen mehr als tausend Jahre vor Christi Geburt gebraucht habe.

Ohne jedoch den Beweisen Duhalde's Glauben zu schenken, wollen wir anführen, daß in einem geschriebenen Gedichte aus dem zwölften Jahrhundert, das sich auf der königlichen Bibliothek befindet, und das man einem gewissen Guyot de Provins zuschreibt, der Boussole unter dem Namen Marinière erwähnt wird. Der Cardinal Jakob von Vitry, welcher um das Jahr 1200 lebte, spricht von der Magnetnadel in seiner Histoire hiérosolymitaine; er sagt sogar, daß sie für die Seefahrer nothwendig und unerläßlich sei. Man hat auch behauptet, daß diese Erfindung aus China von Marko Paolo, einem berühmten Reisenden, welcher aus diesen Ländern um das Jahr 1295 nach Europa zurückgekehrt ist, gebracht worden sei; indessen wird in seinem Reiseberichte nichts davon erwähnt. Das Gewissere ist, daß von 1497 an Vasko de Gama, ein portugiesischer Seefahrer, zur Zeit seiner ersten Fahrten nach Indien die Bussole anwandte. Dies sind die Dokumente, die man bis jetzt sammeln konnte, um auf den Ursprung der Bussole zurückzukommen, ohne daß es noch gelungen ist, den Namen desjenigen zu erfahren, welcher eine so wichtige Entdeckung gemacht hat.

Anfänglich glaubte man, daß sich die Magnetnadel immer nach Norden richte, man wurde aber bald enttäuscht. Columbus, welcher im Jahre 1492 auf die Entdeckung der neuen Welt ausging, bemerkte, daß die Richtung der Nadel nicht constant sei. Thevenat versichert in seinen Reisen, daß er einen Brief von Peter Adzige, der im Jahre 1269, folglich mehr als 200 Jahre vor Columbus, geschrieben war, gesehen habe, in welchem man sagte, daß die Magnetnadel um 5 Grade abweiche.

Ein Manuscript von einem Piloten von Dieppe,

amens Grignon, das dem Sebastian Chabot im
hre 1534 dedicirt war, erwähnt gleichfalls der
weichung der Magnetnadel. Demungeachtet schreibt
an die Ehre der Entdeckung der Abweichung dem
abot selbst, dem Gonzales und einigen Andern zu.
em sei nun, wie ihm wolle, so war die Eigenschaft
r Magnetnadel, sich mehr oder weniger an jedem
rte rechts oder links von dem Meridiane dieses
rtes zu entfernen, in dem sechzehnten Jahrhunderte
r bekannt. Die ältesten, etwas genauen Beobach-
ngen über die Abweichung fingen zu Paris im Jahre
50 an; um diese Zeit war die Abweichung östlich,
wurde Null im Jahre 1663, sodann ist sie west-
h geworden und nahm nach und nach zu, und seit
nigen Jahren ist ihr Gang abnehmend.

Im Jahre 1599 verfertigten holländische Seefah-
r Deklinationstabellen, welche für die damalige
eit ziemlich richtig waren; seit dieser Zeit hat man
ne gemacht, von welchen wir in der Abhandlung
m Erdmagnetismus sprechen werden. Im Jahre
576 entdeckte Robert Normann, ein physikalischer
nstrumentenmacher in London, eine andere Verschie-
nheit in dem Gange der Magnetnadel.

Man hatte oft Gelegenheit gehabt, zu bemerken,
die Nadel ihre horizontale Stellung verlor, je
r man gegen Norden kam, und daß ihr Südpol
unter den Horizont neigte. Da man nicht wußte,
her Ursache man diese Erscheinung zuschreiben
, so vermuthete man, daß die Nadel nicht in ih-
Schwerpunkte aufliege. Nachdem Robert Nor-
n ein Gegengewicht angebracht hatte, um die
ontalität wieder herzustellen, so bemerkte er, daß
es von einem Orte zum andern ändern müsse,
wurde auf diese Weise zu der Entdeckung der
ation geführt. Man erkannte bald, daß die
, um diese Erscheinung vollständig zu beobach-
ch in der Ebene des magnetischen Meridians

frei bewegen müsse, eine Bedingung, welche man dadurch erhält, daß man sie in ihrer Mitte an einer Are aufhängt, die senkrecht auf dieser Ebene steht. Ist die Nadel nicht magnetisch, so bleibt sie in einer horizontalen Lage; sowie man ihr Magnetismus mittheilt, so weicht sie von dieser Richtung um eine gewisse Anzahl von Graden ab, den Winkel, welcher diese Abneigung mißt, hat man Inklinationswinkel genannt.

Die Magnete haben Eigenschaften, welche mit um so größerer Sorgfalt untersucht wurden, als sie auf ganz gleiche Weise die Magnetnadel der Bussole angehen, welche der Civilisation unermeßliche Dienste bereits erwiesen hat. Wir wollen diese Eigenschaften ganz kurz angeben.

Die Magnete ziehen nicht bloß das weiche Eisen an, sondern sie verwandeln es auch in einen ächten Magnet, so lange es sich in ihrer magnetischen Sphäre befindet; nimmt man den Magnet hinweg, so kehrt das Eisen in seinen natürlichen Zustand zurück, wofern es nicht vorläufig gedreht, gefeilt oder auf irgend eine andere Weise verändert worden, oder auch wohl mit dem Kohlenstoff verbunden und gehärtet worden ist, ein Fall, in welchem es Stahl wird, denn alsdann behält es den Magnetismus, den es durch Vertheilen oder durch Reiben erhalten hat. Eine auf diese Weise magnetische Stahlstange wird magnetische Stange genannt. Wenn man Eisenfeilspäne auf ein Blatt Papier wirft, das sich über der magnetischen Stange befindet, so sieht man, daß nicht alle Punkte die nämliche Attraktivkraft besitzen; daß gegen außen hin die Feilspäne, welche durch die magnetische Kraft vereinigt sind, länger als anderswo sind, und senkrecht auf der Fläche stehen, während sie in dem Verhältnisse kürzer werden, als man sich der Mitte nähert, wo keines an dem andern hängt. Man hat Pole die beiden Punkte genannt, wo sich

die Eisenfeilspäne in eine unendliche Menge kleiner, unter sich paralleler Fäden vereinigen. Aus diesem Umstande und dem Vorhergehenden erhellt, daß sich in jeder Hälfte eines Magnets eine identische, gleiche, nach entgegengesetzter Richtung gehende Kraft befindet und entgegengesetzte Eigenschaften besitze, so daß eine Seite das Ende eines Magnets anzieht und das andere abstößt. Zerbricht man die magnetische Stange, so wird jeder Theil ein neuer Magnet und besitzt gleichfalls zwei Pole. In der Vertheilungswirkung eines Magnets auf den Stahl ist die Wirkung sehr schwach, sie wird aber stärker durch den Contact und noch stärker durch das Reiben. Der Stahl wird alsdann ein ächter Magnet. Da eine Stange, die zu der Magnetisirung einer andern gebraucht wird, nichts von ihrer Kraft verliert, so hat man daraus geschlossen, daß das magnetische Fluidum während der Magnetisirung nicht von dem Magnete in das Eisen übergehe, wie bei der Elektrisirung eines Körpers durch den Contact; daß die Magnetisirung zum Zwecke habe, in einem und demselben Molekule die beiden magnetischen Flüssigkeiten zu trennen, welche bei ihrer Vereinigung das neutrale Fluidum bilden; Flüssigkeiten, welche diese Eigenschaft besitzen, daß die gleichnamigen sich abstoßen und die ungleichnamigen sich anziehen. Die Kraft, welche sich in dem Stahle der Trennung der beiden Flüssigkeiten und demnach ihrer Wiederzusammensetzung entgegenstellt, hat den Namen Coercitivkraft erhalten, welche in den verschiedenen Stahlen und sogar in jedem Stahle nach dem Grade des Härtens und der Temperatur verschieden ist.

Das Eisen kann durch die Einwirkung des Erdmagnetismus gleichfalls magnetisch werden, weil die Erde ein eigentlicher Magnet ist. Gilbert, welcher um das 16. Jahrhundert schrieb, berichtet, daß diese Beobachtung *zum ersten* Male an der Stange der

Wetterfahne bei den Augustinern zu Mantua gemacht wurde. Man hat diese Beobachtung auch Gassendi zugeschrieben. Mag nun, wer da will, der Urheber derselben sein, so hat doch Gilbert zuerst die Theorie dieser Erscheinung gegeben.

Das Eisen ist nicht das einzige Metall, welches die magnetische Eigenschaft besitzt, das Nickel, das Kobalt und sogar andere Metalle, sagt man, besitzen sie gleichfalls: dies ist eine Frage, welche wir weiter unten zu untersuchen Gelegenheit haben werden.

Bei Erforschung der Lage der Pole einer Magnetnadel hat man gefunden, daß sie bisweilen mehrere habe. Man hat den Namen *consequente Punkte* diesen dazwischen liegenden Polen gegeben. Nadeln, welche solche Pole besitzen, kann man bei den Forschungen, die sich auf den Erdmagnetismus beziehen, nicht gebrauchen.

Eine Frage, welche für die Theorie des Magnetismus eine Grundfrage ist, mußte die Physiker von dem Augenblicke an beschäftigen, wo die magnetischen Erscheinungen eine gewisse Entwicklung erhalten hatten; wir meinen die Gesetze, unter welchen die magnetischen Attraktionen und Repulsionen stehen; diese Frage ist erst im Jahre 1789, zu einer Zeit gelöst worden, zu welcher Coulomb zwei Methoden angab, um die Intensität der magnetischen Kräfte mit Genauigkeit zu messen; die eine ist die der Schwingungen; die andere besteht darin, die magnetische Wirkung mit der Drehkraft des Fadens an der sogenannten Drehwage zu vergleichen, welche derjenigen ähnlich ist, die er zu Messung der elektrischen Attraktionen und Repulsionen anwandte. Durch diese beiden Methoden bewies Coulomb, daß die magnetischen Attraktionen und Repulsionen gleichfalls in geradem Verhältnisse mit der Dichtheit des *Fluidums* und dem umgekehrten Verhältnisse mit dem *Quadrate* der Entfernung stehen; er beschäftigte sich

zu gleicher Zeit mit der Verbreitung des Magnetismus in den Magneten von verschiedener Gestalt und mit der Bestimmung der Pole und gelangte endlich zu dem Resultate, daß bei den Magneten über 162 bis 216 Millimetern Länge und von ganz gleichen Dimensionen in die Quere, die aber in Beziehung auf die Länge sehr klein sind, die Pole sich immer in gleicher Entfernung d. h. von ungefähr 40 Millimetern, befinden, und daß bei sehr kurzen Magneten diese Punkte in dem Drittel der halben Länge liegen, einer Gränze, welcher sich die Pole unaufhörlich in dem Verhältnisse nähern, als die Magnete immer kleiner werden.

So wie man eingesehen hatte, daß eine Stange von gehärtetem Stahle durch das Reiben mit einem der Pole eines natürlichen Magnets magnetisch werden könne, so mußte man auf die wirksamsten Mittel sinnen, um der Stange das Maximum der magnetischen Intensität zu geben. Lange Zeit begnügte man sich damit, mit dem Ende eines Magnets die ganze Länge der Stahlstange zu überfahren; man sah ein, daß diese Methode nur dazu dienen könne, kurze Nadeln von kleiner Dimension wegen des Nachtheils, den sie mit sich führte, consequente Punkte zu veranlassen, magnetisch zu machen. Im Jahre 1745 fing man an, diese Methode zu vervollkommnen; Knight legte auf die Nadel, welche er magnetisiren wollte, zwei starke magnetische Stangen mit ihren Enden aneinander auf die nämliche Linie, und mit den umgekehrten Polen gegenüber, halb auf der einen, halb auf der andern Seite der Nadel. Wenn er diese Stangen mit Reiben nach der Richtung ihrer Länge wegzog, so erhielt die Nadel einen stärkeren Magnetismus als durch das Verfahren des bloßen Berührens, d. h. durch das Reiben mit einer einfachen Stange. Duhamel brachte eine Verbesserung an dieser Methode an; nachdem er die zu magnetisirende Stange

zwischen zwei Stangen von weichem Eisen gelegt hatte, so nahm er zwei andere magnetische Stangen, welche er auf 25 bis 30 Grade neigte und die umgekehrten Pole einander gegenüber stellte und ließ diese auf jeder Hälfte der Stange gegen die Endpunkte hin fortgleiten. Diese Methode, welche besonderer Strich genannt wird, wird für die beste gehalten, um so vollständig als möglich die Nadeln der Bussole magnetisch zu machen. Mitchell brachte eine Modifikation bei diesem Verfahren an. Er brachte mehrere Stahlstangen in Contact und fuhr über ihre Oberflächen mit zwei Büscheln magnetischer Stangen in einer senkrechten Richtung, die umgekehrten Pole einander gegenüber und in einer constanten Weite hin. Oepinus verbesserte dieses Verfahren und zeigte im Jahre 1758 den Vortheil, sich befestigter Stangen zu bedienen. Zu diesem Ende brachte er die Stahlstangen zwischen starke Magnete und neigte die beweglichen Magnete darüber, indem er sie in einer unveränderten Entfernung hielt; auf diese Weise macht man starke Stangen magnetisch. Diese Methode veranlaßte aber häufig consequente Punkte. Es war nicht genug, Stahlstangen bis zur Sättigung magnetisch zu machen, man mußte auch noch die Verbreitung des freien Magnetismus in jeder von den Hälften der Stange bestimmen. Dies that Coulomb durch ein Verfahren, das die Anwendung der magnetischen Wage erheischt. Man bringt an das Ende des Aufhängfadens einen bis zur Sättigung magnetisch gemachten Stahldraht an und hält nach der Reihe an seinen Endpunkt alle Punkte der Stange, an welcher man die Verbreitung des Magnetismus bestimmen will; vermittelst einer sehr einfachen Rechnung leitet man die magnetische Intensität eines jeden Punktes ab. Auf diese Weise erkannte Coulomb, daß der freie Magnetismus *fast ganz auf* den acht ersten Centimetern des Drahtes,

wenn man von den Endpunkten ausgeht, gesammelt ist. Man begreift leicht, daß es mir unmöglich ist, mich hier in irgend eine Einzelnheit eines Versuches einzulassen; man kann in dieser Beziehung, sowie in Betreff mehrerer Fragen, welche darauf Bezug haben, meinen Traité de l'électricité et du magnetisme, t. II., pag. 306 ꝛc. zu Rathe ziehn. Wir führen besonders die Forschungen Coulombs über die Gestalt, die Dimensionen und das Härten an, welche man den Stangen und den Nadeln nach der Wirkung, welche man studiren will, geben muß. Dies sind die allgemeinen Eigenschaften der Magnete; wir wollen sogleich noch andere angeben, die man nothwendig kennen muß, wenn man sich dem Studium des Erdmagnetismus hingeben will. Wir wollen mit der Wirkung der Erde auf die Magnetnadeln anfangen.

Diese Wirkung wird vermittelst der Bussolen studirt, deren Verfertigung wir hier nicht angeben können; wir wollen bloß sagen, daß ihre Gestalt nach den Wirkungen, welche man erzielen will, verschieden ist. Auf diese Weise gibt es eine Deklinations-, eine Inklinations- und eine Intensitätsbussole.

Die Deklination heißt **östlich**, **Null** oder **westlich**, je nachdem der magnetische Meridian oder die Ebene, welche die Nadel enthält, östlich von dem Erdmeridian liegt, mit demselben zusammenfällt oder sich im Westen befindet. Man hat **Nordpol** einer Nadel denjenigen genannt, welcher gegen Norden sieht, und **Südpol** denjenigen, der gegen Süden sieht; in der That aber besitzt der erstere das südliche Fluidum und der zweite das nördliche Fluidum.

Die Richtung der Resultante der magnetischen Kräfte der Erdkugel wird von der Nadel der Deklination und von der der Inklinationsbussole angegeben. Die Angriffspunkte der beiden Componenten und ihre Intensität werden durch besondere Verfahren bestimmt. Denken wir uns *eine freischwebende* Magnetnadel, die nur

der Einwirkung des Erdmagnetismus gehorcht, und betrachten wir irgend ein Element dieser Nadel, das hinlänglich klein ist, damit es einen gleichförmigen magnetischen Zustand habe und z. B. eine kleine Menge freien nördlichen Magnetismus besitze, so wird dieses Element von den nördlichen Kräften aller Punkte der Erde abgestoßen und von den südlichen mit einer Kraft angezogen werden, welche dieser Menge von Magnetismus proportional ist. Die Wirkung aller dieser Kräfte auf das Element kann durch die Wirkung von zwei anderen Kräften, welche einander gleich sind und nach entgegengesetzter Richtung gehen, ersetzt werden. Ebenso wird es sich mit einem andern Elemente verhalten; da aber die Angriffspunkte dieser theilweisen Resultanten in Beziehung auf die Dimensionen der Nadel in einer unendlichen Entfernung liegen, so müssen die Richtungen dieser Resultanten nothwendig unter sich parallel sein. Die Frage wird also auf die Bestimmung der Resultante und ihres Angriffspunktes der parallelen Kräfte, welche zwei Systeme bilden, zurückgeführt sein, wovon das eine aus Kräften besteht, die in einer Richtung auf alle Punkte der einen Hälfte der Nadel, und das andere aus Kräften besteht, die in einer andern Richtung auf alle Punkte wirken. Nun sagen uns die Principien der Statik in Beziehung auf das Gleichgewicht der Körper, auf welche parallele Kräfte wirken, daß die Resultante mit den Componenten parallel sein müsse. Daraus geht hervor, daß die Wirkung des Erdmagnetismus auf eine Magnetnadel durch zwei gleiche parallele und in entgegengesetzter Richtung laufende Kräfte dargestellt werden könne, deren Angriffspunkte sich auf jeder Seite des Aufhängpunktes der Nadel in gleicher Entfernung von den Endpunkten befinden. Diese Angriffspunkte können nur dann bestimmt werden, wenn man die Verbreitung des freien Magnetismus in jeder von den beiden Hälften der Nadel kennt.

Wir können hier nicht die Methode angeben, um die Lage dieser Punkte und die der Linie, welche sie vereint, zu bestimmen. Was die Bestimmung der Intensität der Resultante der erdmagnetischen Kräfte anbetrifft, so nimmt man an, daß jede der theilweisen Resultanten in zwei andere zerlegt werden, die eine in der Richtung der Deklinationsnadel und die andre senkrecht auf ihrer Richtung. Die beiden senkrechten Kräfte können dieser Nadel keine Bewegung geben, während die beiden andern, welche in der Richtung der Nadel nach entgegengesetzter Richtung wirken, sie beständig in die Ebene des magnetischen Meridians, wenn man sie aus derselben bringt, mit einer Geschwindigkeit zurückführen, welche von der Kraft des Erdmagnetismus und des freien Magnetismus der Nadel abhängt. Diese Geschwindigkeit wird durch die Zahl der Schwingungen, welche in einer gegebenen Zeit vorfallen, gemessen. Die Nadel verhält sich also wie ein Pendel in Beziehung auf die Schwere. Läßt man die Nadel an verschiedenen Punkten der Erde schwingen, so verhalten sich die Kräfte, welche nach einander gewirkt haben, unter sich, wie die Quadrate der Zahlen der Schwingungen, welche in der nämlichen Zeit gemacht wurden. Die Differenz der Quadrate gibt die der Intensitäten; dies ist die allgemein angewandte Methode zu Bestimmung der Resultante der magnetischen Kräfte der Erde, der Richtung und der Intensität nach; für diesen Fall muß man aber annehmen, daß die Nadeln immer ihren freien Magnetismus behalten, und daß die Abwechslungen in der Temperatur keine Veränderung hervorbringen. Dem ist aber nun nicht so; deßwegen hat man den Einfluß der Wärme auf die magnetischen Eigenschaften des Eisens, des Stahls und der Magnete untersucht. Diese Frage hat nach der Reihe Newton, den P. Kircher, Cavallo, Coulomb, Scoresby, *Barlow*, *Kupffer* u. s. w. beschäftigt.

Ohne uns in die Ausführlichkeiten der Versuche einzulassen und ohne die widersprechenden Resultate anzugeben, welche die verschiedenen Physiker erhalten hatten, führen wir an, daß Barlow, welcher den Grund dieser Widersprüche aufgefunden hat, erkannte, daß, wenn man Stangen von Gußeisen, von Eisen und von Stahl weißglühend machte, das Gußeisen, welches das schwächste Vermögen bei der gewöhnlichen Temperatur besaß, das Vermögen der anderen Stangen in der Weißglühhitze übertraf: daß das hämmerbare Eisen, welches das stärkste Vermögen hatte, das schwächste wurde, wenn es heiß wurde, und daß es endlich gar keine Wirkung mehr auf die Nadel äußerte, wenn es weiß glühte; daß bei der Dunkelglühhitze seine Wirkung eine sehr große Intensität besaß. Der Einfluß der Temperatur auf die Verbreitung der Magnete hat besonders Coulomb und Kupffer beschäftigt. Der erste hat bei Untersuchung der Wirkungen des Härtens den Grundsatz aufgestellt, daß sich im Allgemeinen die Intensität der Stange in dem Verhältnisse vermindere, als man die Temperatur erhöht: er hatte sich damit beschäftigt, bloß die Resultante der Wirkungen zu bestimmen, welche durch die Wärme auf den freien Magnetismus der Stangen hervorgebracht wurden, indem er sie vermöge der Wirkung der Erde schwingen ließ, um zu erfahren, ob sie verloren oder gewonnen hätten. *

Kupffer hat die Frage aus einem anderen Gesichtspunkte aufgefaßt; er hat die Menge des freien Magnetismus bestimmt, welche die verschiedenen Punkte einer Stange besitzen, wenn man die Temperatur verändert, er hat gerade so, wie Coulomb, experimentirt, um die Verbreitung des freien Magnetismus in einer Stange zu finden, d. h. er hat eine kleine Nadel nach einander vor verschiedenen Punkten einer *Stange schwingen* lassen, und hat, wie Coulomb, ge-

* *Traité de l'electricité du magnetisme terrestre.*

daß die Intensität der magnetischen Kraft in
hältnisse abnimmt, als man die Temperatur
nd daß überdies in dem Zwischenraum von
Grad Reaumur jeder Grad Wärme beinahe
halbe Sekunde die Dauer von 300 Schwin-
n der Nadel vermehre. Kupffer hat endlich
tz von der Abnahme der magnetischen Kräfte
peraturen, die höher als 30 Grade sind, be-
und die Formel angegeben, welche dasselbe

ie hat sich mit der nämlichen Frage beschäf-
ber die analytische Methode, deren er sich
ist nicht so einfach, wie die von Kupffer.

er Wirkung der Magnete auf alle örper in Ruhe oder Bewegung.

Coulomb hatten sich die Physiker vergeblich
um Spuren von Magnetismus in allen Kör-
zufinden; daher waren sie auch sehr erstaunt,
m Jahre 1802 erfuhren, daß er der Akade-
Wissenschaften eine Reihe von Versuchen mit-
habe, welche bewiesen, daß alle Körper in
r minder starkem Grade die magnetische Ei-
besitzen. Er machte diese Thatsache dadurch
inlich, daß er zwischen den beiden entgegen-
Polen zweier starken Stangen kleine Cylinder
r beliebigen Substanz, die an einem baum-
Faden hingen, schwingen ließ. Man zwei-
änglich, daß diese Wirkung magnetisch sei,
esen aber, daß der Ursprung dieser Erschei-
wahrhaft magnetisch wäre. Spätere Entde-
estätigten diese Thatsache, besonders die in-
Beobachtung Arago's in Beziehung auf die
aller Körper auf die Magnetnadel, um die
e der Schwingungen zu verringern, ohne die

sophical transactions 1825. 1. part.

Zahl derselben zu ändern, indem die Metalle kräftiger wirkten, als das Glas, das Holz u. s. w. Arago ging von dieser Beobachtung aus, um eine Magnetnadel, welche frei über irgend einer Platte hing, der man eine drehende Bewegung gab, in Bewegung zu setzen; er fand, daß die Wirkung, welche die Nadel erhält, um die nämliche Geschwindigkeit in dem Verhältnisse abnimmt, als sich die Entfernung der Nadel zu den Scheiben oder Platten vermindert, daß die Wirkungen geringer sind, wenn die Scheiben nach der Richtung der Radien ausgebrochen, als wenn sie voll sind. Bei der Analysirung dieser Erscheinung hat Arago zu Bestimmung der Richtungen der Kraft, welche auf den drehenden Scheiben entwickelt wurde, die Composanten dieser Kraft nach drei Linien, welche mit drei coordinirten Ebenen parallel laufen, erforscht. Arago's Beobachtungen sind der Gegenstand der Forschungen von Seite Prevost und Colladon, Babbage, Herschel, Barlow, Nobili, Basselli, Christie und endlich Faraday's gewesen, welcher dadurch auf die wichtige Entdeckung der Strömungen durch Induktion geführt wurde.

Im Jahre 1825 machte Barlow das Resultat interessanter Forschungen über die magnetischen Wirkungen, welche in dem Eisen durch die Drehung hervorgebracht werde, bekannt, welche die mathematische Theorie zu der Bestätigung der Formeln zu benützen wußte; diese Theorie ist von Poisson gegeben worden. Bei der Unmöglichkeit, sie vollständig zu geben, wollen wir bloß den Gang anzeigen, den er zu Bestimmung der Resultanten der Attraktionen und der Repulsionen der beiden nördlichen und südlichen Flüssigkeiten, deren Vereinigung die magnetische Flüssigkeit bildet, sowie der Verbreitung dieser Flüssigkeit über alle magnetisch gemachte Körper, eingeschlagen hat.

„Bei dem Akte der Magnetisirung haben sich die beiden Flüssigkeiten, die nördliche und die südliche,

welche in dem neutralen Zustande vereinigt waren, sehr wenig von einander entfernt. Wir wollen nicht entscheiden, ob die Theile der magnetisch gemachten Körper, in welchen die Zersetzung des neutralen Fluidums bewirkt werden kann, die Molekülen dieser Körper selbst sind; wir wollen bloß annehmen, daß ihre Dimensionen äußerst klein sind. Wir nennen magnetisches Element jedes dieser kleinen Theilchen, dessen charakterische Eigenschaft darin besteht, daß die Mengen der beiden Flüssigkeiten in demselben, obwohl in dem Zustande der Magnetisirung, wie in dem neutralen Zustande unter sich gleich sind. Nun können wir uns denken, um die Frage in ihrer größten Allgemeinheit aufzufassen, daß die magnetischen Elemente in dem Innern der magnetisch gemachten Körper nicht aneinander stoßen, daß sie vielmehr durch volle oder leere Räume, in welche die beiden Flüssigkeiten nicht eindringen können, von einander getrennt sind, und daß die Dimensionen dieser isolirenden Zwischenräume zu der nämlichen Ordnung von Größen gehören, wie die der magnetischen Elemente, ohne daß jedoch das Verhältniß zu einander in den Magneten von verschiedener Natur dasselbe sei. Dies vorausgesetzt, werden die Attraktionen und Repulsionen, welche von diesen Körpern unter den nämlichen Umständen ausgeübt werden, verschieden sein, wie der Versuch es schon in Beziehung auf das Nickel und das Eisen zu erkennen gegeben hat. Wir wollen uns also einen magnetisch gemachten Körper als eine Vereinigung von magnetischen Theilchen denken, die durch Räume getrennt sind, welche für den Magnetismus unzugänglich sind. Das Verhältniß der Summe aller dieser Theilchen zum ganzen Volumen des Körpers, das man in Beziehung auf den Magnetismus für eine Dichtheit annehmen könnte, wird ein Bruch sein, der sich in den Körpern von verschiedener Natur mehr oder weniger der Einheit nähert und der für jeden

Körper insbesondere gegeben werden muß; die äußer
Wirkungen werden mit der Größe dieses Verhältniß
an Intensität zu- oder abnehmen."

Aus Poissons Denkschrift sieht man, von welch
Gesetzen diese Wirkungen abhängen; er gibt in d
selben auch die Möglichkeit an, die Theorie du
den Versuch zu bestätigen, indem er das so eben
wähnte Verhältniß nach Belieben dadurch abände
daß er in geeigneten Mengen sehr feine Eisenfe
späne mit einer anderen, nicht magnetischen Mate
vermengt, diese Körper sodann der Wirkung sehr star
Magnete aussetzt und die Attraktionen und Repu
sionen mißt.

Poisson setzt voraus, daß die Attraktiv- oder R
pulsivkraft der beiden Flüssigkeiten in allen magn
tisch gemachten Körpern, bei gleicher Entfernung o
gleichen Flüssigkeitsmengen dieselbe sei. Diese Vo
aussetzung ist die einfachste, die man a priori mach
kann.

Die Größe, welche das Verhältniß der Sum
des Volumens der magnetischen Elemente zum gan
Volumen des Körpers, wovon sie einen Theil au
machen, angibt, kann von der Temperatur des Kö
pers abhängen; denn es ist begreiflich, daß die Wär
die Räume, welche die Elemente von einander trenn
ausdehnt und diese Elemente zusammendrückt, ob
in demselben Verhältnisse das Totalvolumen zu ände
Bei dieser Hypothese müssen die magnetischen Attr
tionen oder Repulsionen, welche ein und derselbe Kör
ausübt, mit seinem Wärmegrad verschieden sein, w
auch wirklich der Fall ist. Dies sind die allgemein
Principien, welche Poissons Berechnungen zur Grun
lage dienten.

Vom Erdmagnetismus.

Die Bestimmung der verschiedenen Elemente, w
aus die Resultante der Kräfte des Erdmagnetism

eſteht, iſt ſeit zwei Jahrhunderten der Gegenſtand
er Forſchungen der Phyſiker und beſonders der Welt-
mſegler geweſen. Die Apparate, welche bis jetzt zu
ieſer Beſtimmung gebraucht worden ſind, vereinigen
nit einer großen Genauigkeit eine ſo leichte Behand-
ung, daß wenig geübte Beobachter Reſultate er-
alten, auf deren Richtigkeit man zählen darf; man
ſt aber dabei nicht ſtehen geblieben, denn man hat
n die Stelle dieſer einfachen und leichten Beobach-
ungsmittel ein complicirteres Verfahren geſetzt, das
war wahrnehmbarer, aber auf analytiſche Reſultate
egründet iſt, deren Entwicklungen ſich nicht immer
ür die Faſſungskraft gewöhnlicher Beobachter eignen
nd welche auf langen Seefahrten nur ſehr ſchwer
ngewandt werden können; dieſe Umwälzung in den
nagnetiſchen Beobachtungen rührt von Gauß her,
elcher ſich zu dieſem Zwecke mit Weber verband.
Wir können hier nicht die alten und neuen Apparate
eſchreiben, welche bei den Forſchungen, die auf die
Beobachtungen des Erdmagnetismus Bezug haben,
ngewandt wurden; wir ſagen bloß, daß dieſe For-
chungen in unſeren Tagen mit einer ſolchen Sorg-
alt angeſtellt wurden, daß man nicht bloß auf die
Veränderungen, welche in der Intenſität des Mag-
etismus der Nadel vorfallen, ſondern auch noch auf
en Einfluß der Wärme und auf die lokale Attrak-
ion, entweder der Schiffe, auf welchen ſich die mag-
etiſchen Inſtrumente befinden, oder der Stücke Eiſen
Rückſicht genommen hat, welche ſich in der Nähe der
nagnetiſchen Obſervatorien befinden, von denen wir
och nicht geſprochen haben.

Die erſten Beobachtungen in Beziehung auf die
Wirkungen der örtlichen Attraktion der Schiffe ſind
chon alt, denn Wilhelm Denys, Hydrograph zu Dieppe,
rwähnt derſelben ſchon in einer Schrift, welche im
Jahre 1666 erſchien.

Wales, welcher Cook auf ſeinen Reiſen begleitete,

beobachtete die nämliche Thatsache. Seitdem ha
zu verschiedenen Malen Gelegenheit, sich d
beschäftigen; man schlug verschiedene Versa
arten vor, um sich gegen die Wirkungen de
attraktion zu verwahren; die einfachste und g
rührt aber von Barlow her. Sie beruht
gendem Principe:

Die verschiedenen Eisenmassen am Borde de
erlangen die magnetische Polarität und den
der Erdwirkung, und wirken sodann auf die B
wie dies eigentliche Magnete thun könnten.
Princip vorausgeschickt, nimmt Barlow an, da
man zu gleicher Zeit die Entfernung und di
dung einer Platte von weichem Eisen in B
auf eine horizontale Magnetnadel verände
eine Lage finden könne, wo diese Platte die
Wirkung äußert, wie die Stücke Eisen, die
dem Schiffe befinden. Alsdann muß diese Platt
sie auf eine gewisse Seite der Nadel gestellt w
Wirkungen der Lokalattraktion vernichten; dies
Princip, auf welchem der Gebrauch der Corr
platte beruht, welche heutzutage allgemein an
wird, um sich vor den Wirkungen der Lokala
zu verwahren; aber die Eisenmassen, welche
Bord der Schiffe befinden, wirken nicht bloß
Nadeln der Bussolen, sie äußern auch auf de
der Chronometer, wegen der Wirkung, die
die Stücke von Stahl und besonders auf den
cier ausüben, einen Einfluß. Man verdankt a
die Mittel, sich gegen diesen Einfluß zu schützen,
welcher zu diesem Ende den Compensationsb
anwendet. Wir wollen jetzt schnell die Forschu
Beziehung auf die verschiedenen Elemente de
tante der Kräfte des Erdmagnetismus durchg

Von den Beobachtungen der Deklin

Die Reisenden, welche seit zwei Jahrhund

isten, haben eine große Menge von Beob-
in Beziehung auf die Deklination der Mag-
zesammelt; da sie aber bei ihren Beobach-
ie sie an Bord anstellten, die Wirkung außer
n, welche lokale Ursachen auf die Bussolen
, so haben ihre Beobachtungen sehr viel

machte den ersten Versuch, die große Zahl
achtungen, die bis auf seine Zeit angestellt
zu sammeln und zu ordnen. Im Jahre 1701
ne Karte heraus, in welcher die Linien von
eklination von fünf zu fünf Graden gezogen
Wegen der unaufhörlichen Deklinationsver-
n und da das Beobachtungsverfahren ver-
iet worden war, wurde die Halley'sche Ta-
iangelhaft erfunden. Daher gaben Mountain
en in den Jahren 1745 und 1746 eine neue
onskarte heraus. Im Jahre 1787 lieferte
die vollständigste Darstellung, die man noch
Beobachtungen der Deklinationen hatte, mit
agnetischen Atlasse, auf welchem sich alle
n gleicher Deklination befanden. Barlow
e Arbeit im Jahre 1823 wieder auf; aber
än Duperrey gab im Jahre 1836 neue Kar-
s, bei welchen die Deklination der Magnet-
o ihrer wahren Bestimmung angewandt wird,
rin besteht, die Richtung des magnetischen
s an jedem der Punkte, wo die Beobachtung
wurde und demnach die allgemeine Gestalt
ien Linien anzugeben, welche die Eigenschaft
aß sie von dem einen Pole zum andern die
en Meridiane aller Oerter sind, durch welche
Tausende von Beobachtungen wurden auf
kten der Erdkugel angestellt und werden es
noch. Die vorzüglichsten sind in unserem
f das Ausführlichste angegeben.

Von den hundertjährigen, jährlichen und täglichen Verschiedenheiten der Deklinationen.

Die Deklination der Magnetnadel ist hundertjährigen, jährlichen, monatlichen und täglichen Veränderungen unterworfen, wovon die einen als regelmäßig, die andern als unregelmäßig betrachtet werden können; diese zeigen sich unter gewissen atmosphärischen Bedingungen, wie z. B. die Nordlichter, die vulkanischen Ausbrüche, die Erdbeben u. s. w. Seit langer Zeit sind die hundertjährigen und jährlichen Wechsel beobachtet worden; Gauß und Weber haben die jährlichen, monatlichen und täglichen Wechsel vermittelst des Magnetometers, den sie verfertigten, studirt; sprechen wir aber zuerst von den früheren Beobachtungen. Man kann aus Mangel an Beobachtungen nicht über das Jahr 1580 hinausgehen; um diese Zeit wich zu Paris die Nordspitze der Nadel östlich um 11° 30′ ab; im Jahre 1663 befand sie sich in dem magnetischen Meridiane; seit dieser Zeit ist die Deklination westlich geworden; im Jahre 1814 hatte sie ihr Maximum erreicht, und seitdem fängt sie wieder an, abzunehmen.

Wenn man die Beobachtungen vergleicht, die zu gleichen Zeiten in London und Paris angestellt wurden, so findet man, daß das Maximum der Abweichung an diesen beiden Oertern im Jahre 1580 stattfand; daß die Deklination von 1657 bis 1662 in London Null war, während dieser Fall erst im Jahre 1663 in Paris eintrat; daß das Maximum der westlichen Abweichung in London im Jahre 1815 und in Paris im Jahre 1814 stattfand. Auf diese Weise haben die beiden Maxima gegen Osten und gegen Westen auf eine wahrnehmbare Weise zu denselben Zeiten in Paris und in London stattgefunden.

Beobachtungen, die auf dem Cap der guten Hoffnung angestellt wurden, zeigen, daß in der südlichen,

wie in der nördlichen Hemisphäre die Deklination den nämlichen Gesetzen unterworfen ist; weil man sieht, daß sie im Jahre 1605 nur etwas östlich, von 1605 bis 1609 Null ist, daß sie sodann nach Westen übergeht, ihr Maximum gegen das Jahr 1791 erreicht und sodann sich wieder gegen Osten wendet.

Barlow hat den Versuch gemacht, die progressiven hundertjährigen Veränderungen, welche die Deklination der Magnetnadel erleidet, aus einer Formel abzuleiten, indem er annimmt, daß sich der magnetische Pol, welcher auf die Nadel wirkt, zu London im Jahre 1818 unter dem 75° 2′ nördlicher Breite und dem 67° 41′ westlicher Länge befinde; er zog daraus den Schluß, daß die Bewegung gleichförmig sei und 14° 10′ in zehn Jahren betrage. Er hat nach diesem Principe die Deklination in London von 1600 bis 1818 berechnet und unerhebliche Differenzen zwischen den Versuchs- und Beobachtungsresultaten gefunden.

Die jährlichen Wechsel der Magnetnadel scheinen mit dem Stande der Sonne, mit der Zeit der Aequinoctien und Solstitien in Verbindung zu stehen. Cassini, dem man diese Beobachtung verdankt, fand, daß die Wechsel in den Kellern des Observatoriums, wo kein Licht hinkommt und wo die Wärme augenscheinlich constant ist, die nämlichen sind.

Als Arago die an verschiedenen Orten, unter andern zu Paris und London angestellten Beobachtungen erörtern wollte, so nahm er die mittlere Deklination eines jeden Tages, welche die halbe Summe der beiden Maximum- und Minimum-Deklinationen ist, sodann die mittlere Deklination eines jeden Monats oder die Summe der mittleren von allen Tagen des Monats, die mit der Zahl dieser Tage dividirt wurde; er fand ein Maximum der Deklination gegen die Frühlingstagundnachtgleiche und ein Minimum im *Sommersolstitium*, mit dem Unterschiede jedoch, daß

die Weite (amplitudo) der Schwingung in
geringer als in Paris war, daß die rückgängi
wegung der Nadel zwischen dem Frühlingsäquin
und dem Sommersolstitium zu gleicher Zeit
allgemeinen und jährlichen Bewegung gegen
abnehme.

Außer den vorhergehenden Wechseln ist die M
nadel in ihrer Abweichung, wie wir bereits
haben, täglichen Wechseln unterworfen, die m
der größten Sorgfalt beobachtet. Seit 172
Zeit, wo Graham diese Wechsel entdeckte, ha
ihren Gang unausgesetzt beobachtet, um wo
auf die Ursache dieses Phänomens zu kommen

In Europa geht die Nordspitze der horiz
Nadel alle Tage von Aufgang der Sonne bis
ein Uhr Nachmittag von Osten nach Westen un
sodann in rückgängiger Bewegung nach Osten
so daß sie fast ganz genau gegen zehn Uhr des
die Stelle wieder einnimmt, die sie des M
hatte. Bei Nacht ist die Nadel beinahe stillstehe
fängt am folgenden Tage ihre periodische Abweic
wieder an. Obschon die Wechsel der Magnetn
unseren Gegenden einer regelmäßigen Bewegu
Osten nach Westen unterworfen sind, so find
doch keine zwei Tage im Jahre, die sich voll
gleichen; diese Bemerkung, welche seit lang
gemacht wurde, ist durch Gauß und Webers
achtungen bestätigt worden, welche die Gen
bis auf Sekunden von einem Grade trieben.
Maximum der Abweichung tritt auf den versch
Punkten der Erdoberfläche nicht zu derselben
ein, wie dies Dowe beobachtete.

Man hatte bekannt gemacht, daß in Dän
Island, so wie in den nördlichen Ländern d
lichen Abweichungen der Magnetnadel ausge
regelmäßiger seien und bei Nacht nicht stille
Man machte daraus den Schluß, daß die

Abweichungen auf ihrem Wege von unsern Ländern gegen Norden zunehmen und bis zum magnetischen Aequator hin abnehmen, wo sie sehr schwach seien. Aber Beobachtungen täglicher Abweichungen, welche in dem Norden zu Bossekop von Bravais und Lottin angestellt wurden, die zu einer wissenschaftlichen Unternehmung gehörten, welche vor einigen Jahren in den Norden geschickt wurde, haben die Ansichten, die man sich von den täglichen Abweichungen in dieser Region machte, in etwas modifizirt; bei Nacht ist die Nadel wirklich unruhiger als in unseren Ländern, aber die Weite der Schwingungen ist nicht so groß, als man sie anfänglich gemacht hatte.

Die Reisenden haben sich damit beschäftigt, den Gang der täglichen Schwingungen auf den verschiedenen Theilen der Erde kennen zu lernen. Beobachtungen, die von John Macdonald von 1794 bis 1796 auf dem Fort Marlborough in Sumatra und auf der Insel St. Helena angestellt wurden, leiten auf zwei merkwürdige Schlüsse: 1) daß die täglichen Wechsel zwischen den Wendekreisen bei weitem nicht die Ausdehnung wie in Europa haben; 2) daß in denselben Stunden, wo in der nördlichen Halbkugel die Nordspitze der Nadel nach Westen geht, ihre Bewegung in der südlichen Halbkugel die entgegengesetzte ist. Die weit neueren Beobachtungen Freycinets und Duperrey's bestätigen die erstere Behauptung.

Außer den regelmäßigen Wechseln ist die Deklination auch noch unregelmäßigen unterworfen, wie wir vorhin gesagt haben. Unter die Ursachen, die zu Hervorbringung dieser Unregelmäßigkeiten beitragen, rechnet man die Nordlichter, die vulkanischen Ausbrüche und die Erdbeben. Unter den Männern, welche sich am meisten damit beschäftigt haben, den Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadeln nachzuweisen, gebührt Arago der erste Rang. In Beziehung auf die in dieser Hinsicht angestellten Beobach-

tungen beschränken wir uns auf die Angabe, d
Gang der Magnetnadel zur Zeit der Erscheinur
ses Meteors nicht bloß an den Oertern, wo
dasselbe beobachtet, sondern auch in Ländern,
von denselben entfernt liegen, und wo das
men nicht sichtbar ist, gestört wird.

Die allgemeinen, so eben angegebenen Re
sind von Beobachtungen abgeleitet, die mit d
wöhnlichen Bussolen angestellt wurden; die
der Magnetnadel aber, welche in den neueste
ten mit Instrumenten beobachtet wurden, welche
erfand, haben unter Bestätigung dieser Resulta
andere Schlüsse geleitet. Nicht zufrieden, t
magnetische Beobachtungen auf der Sternwa
Göttingen anzustellen, hat Gauß den Wunsch
sprochen, es möchten sich, wie er, zu bestimmte
ten im Jahre, denen er den Namen Periode
Observationspunkte gibt, Physiker auf v
denen Punkten Europa's anhaltenden Beobach
widmen. Die Idee dieser Verbindungen rüh
Humboldt her, der so zu sagen auf der ganzen
fläche der Erde die Errichtung magnetischer Ob
torien ins Leben gerufen hat.

Ueberall entsprach man diesem Aufrufe. T
hier keine, auch noch so gedrängte Analyse d
teressanten Resultate geben können, welche
Weber und ihre Mitarbeiter erhielten, so führ
bloß an, daß die zu Darstellung der jedera
Wechsel gezogenen Curven festsetzen, daß die
lichsten Regionen der Hauptsitz zu sein scheine
dem die größten und häufigsten Perturbatione
geben; daß man an verschiedenen Orten bei de
schiedenen auf einander folgenden Bewegung
deutende Wechsel in Beziehung auf ihre Größe
obgleich übrigens die Aehnlichkeit augenscheinl
daß oft von zwei Vorsprüngen an einer Cu
einem Orte der erste der größere ist: daß an

anderen Orte hingegen es der zweite ist. Dadurch ist man zu der Annahme gezwungen, daß an einem und demselben Tage und zu derselben Stunde viele Kräfte, vielleicht unabhängig von einander, wirken, welche verschiedene Sitze haben und deren Wirkungen wegen ihrer Lage und Entfernung in sehr ungleichen Verhältnissen verschmelzen, welche Kräfte gegenseitig einen Einfluß auf einander äußern, so daß die eine zu wirken anfängt, wenn die andere noch nicht aufgehört hat. Mitten unter diesem Conflikte von Wirkungen ist es schwer, den Gang des Phänomens zu verfolgen; demungeachtet darf man hoffen, daß man es dahin bringen werde, die verschiedenen störenden Ursachen zu entwirren, wenn die Theilnahme an gleichzeitigen Beobachtungen eine größere Ausdehnung gewonnen haben wird.

Von den Beobachtungen der Inklination.

Die Beobachtungen in Beziehung auf die Inklination haben die Reisenden eben so beschäftigt, wie die der Deklination; sie scheinen aber wegen der Rolle, welche die Deklinationen in Bestimmung der magnetischen Meridiane spielen, nicht so wichtig, wie die letzteren, zu sein. Wenn man von Paris ausgeht und sich gegen Norden begibt, um den Gang der Inklination zu untersuchen, so fand man, daß sich der südliche Pol der Nadel immer mehr unter den Pol senkte; daß die Inklination mit der Breite zunahm und daß es in den Polargegenden Punkte gibt, wo sie 90° beträgt; begibt man sich hingegen in die südliche Hemisphäre, so findet man nicht weit vom Aequator Punkte, wo die Nadel keine Inklination zeigt, und daß über diese Punkte hinaus die Inklination wieder, aber in umgekehrter Richtung, anfängt und bis gegen den Pol hin zunimmt, wo sie 90° beträgt. Die krumme Linie, welche alle Punkte enthält, wo die *Magnetnadel keine* Inklinationen zeigt, wird ma-

netischer Aequator und die Punkte, wo die Nadel senkrecht steht, werden magnetische Pole genannt.

Die Inklination der Magnetnadel ist ebenso, wie die Deklination, beständigen Wechseln unterworfen; sie sind aber weniger beobachtet worden, als die in Beziehung auf die letztere. Man hat gefunden, daß sie sich seit 1671 bis auf unsere Zeit beständig verminderte und hat den progressiven Wechsel, den die Inklination erleidet, als die nothwendige Folge einer Veränderung in der magnetischen Breite angesehen, welche von den Knoten des magnetischen Aequators herrühre, die durch die Gestalt der Curve modifizirt werden. Was die täglichen Wechsel anbetrifft, so erkannte Hansteen, daß die Inklination im Sommer ungefähr um 15′ stärker als im Winter und um 4′ bis 5′ Vormittags stärker als Nachmittag sei

Von der magnetischen Intensität der Erdkugel an verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche.

Die magnetische Intensität der Erdkugel hat nach der Reihe die Aufmerksamkeit Grahams, welcher zuerst die täglichen Wechsel der Magnetnadel beobachtete, Muschenbröcks und Lemonnier's im Jahre 1629, Saussüre's, Borda's und einer Menge Physiker und Seefahrer im Jahre 1776 auf sich gezogen; Borda hat aber zuerst angefangen, eine Annäherungsmethode anzuwenden, um diese Intensität sorgfältiger als seine Vorgänger zu beobachten. Wir fügen noch bei, daß man in Frankreich zuerst auf den Gedanken kam, durch Beobachtung die magnetische Intensität der Erdkugel an verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche zu bestimmen. Die Mitglieder der Akademie der Wissenschaften, welche den Auftrag hatten, die Instruktionen für die Fahrt des la Peyrouse zu verfassen, empfahlen

worfen; 2) das Minimum dieser Intensität findet zwischen zehn und eilf Uhr des Morgens, und das Maximum zwischen vier und fünf Uhr des Nachmittags Statt; 3) die mittleren monatlichen Intensitäten sind selbst veränderlich; 4) die mittlere Intensität gegen das Wintersolstitium übertrifft bei weitem die mittlere Intensität der in Beziehung auf das Sommersolstitium ähnlich stehenden Tage; 5) die Wechsel der mittleren Intensität sind in ihrem Minimum im Mai und Juni, und in ihrem Maximum gegen die Aequinoctien.

Die Wechsel der Intensität sind auch von Gauß und Weber mit den neuen Instrumenten beobachtet worden, und aus ihren Beobachtungen erhellt, daß die Intensität während der Morgenstunden abnimmt, so daß sie ihr Minimum ein oder zwei Stunden vor Mittag erreicht, und daß sie, wenn man von dieser Zeit ausgeht, auf's Neue wieder zunimmt. Gauß und Weber haben krumme Linien gezogen, welche die Wechsel der Intensität vorstellen, wie sie dies bei den Deklinationswechseln gethan hatten; bei dem Anblicke dieser krummen Linien sieht man, daß zu jeder Zeit, obschon keine Aehnlichkeit mit der Stelle vorhanden ist, wo die Deklination stark gestört ist, gleichfalls Perturbation in der Intensität stattfindet.

Erörterung der magnetischen Beobachtungen.

Wenn alle magnetische Beobachtungen isolirt geblieben wären, so würde es schwer geworden sein, eine allgemeine Theorie des Magnetismus zu begründen, und es zu versuchen, zu den wahrscheinlichen Ursachen der magnetischen Erscheinungen zu gelangen; man mußte sie also ordnen und zu einander gruppiren. *Man bildete zuerst das*, was man *Linien von gleicher Deklination* nennt, die man zu Bestimmung der Lage der magnetischen Pole zu benützen

worden, welche auf den englischen Ausrüstungen, t
den Polargegenden und auf den Reisen um die We
gemacht wurden, welche französische Seefahrer unter
nahmen.

Von 1805 bis 1806 beobachteten Humboldt un
Gay-Lussac die Intensität in Frankreich, in der Schwei
in Italien und in Deutschland mit der horizontale
Nadel. Der Major Sabine stellte in den Jahre
1818, 1819 und 1820 auf seinen zwei Reisen in d
Baffinsbay und in die Polarkreise ähnliche Beob
achtungen an; indem er die Correktion in Beziehun
auf die Temperatur mit in Anschlag brachte.

Von 1819 bis 1824 stellte Hansteen Intensitäte
beobachtungen in Norwegen und an den Küsten de
Ostsee und im Jahre 1825 an den Ufern des bott
nischen Meerbusens an; wir sehen, wie sich nach un
nach mit der nämlichen Frage die Kapitäne Friebse
Keilau, Böck und Herrman an den Ufern der Ostse
und in Deutschland, der Major Sabine an de
Aequatorialküsten Afrika's und Amerika's, in der
Norden Europa's, in Grönland und Spitzbergen, de
Kapitän Lütke von 1826 bis 1829 auf einer Welt
umseglungsreise und eine große Anzahl anderer See
fahrer beschäftigen. Wir erwähnen vorzüglich de
Beobachtung der Kapitäne Freycinet und Duperrey
welche gemeinschaftlich eine schöne Anzahl von Beob
achtungen in Beziehung auf die magnetische Intens
tät angestellt haben, wovon alle mit einem große
Scharfsinne von dem Kapitän Duperrey erörtert wor
den sind.

Seit 1834 haben sich Gauß und Weber, sowi
andere Beobachter, welche zu der Verbindung gehörten
mit einem unermüdlichen Eifer an Versuche gemach
welche auf die Bestimmung der absoluten Intensitä
des Erdmagnetismus, sowie auf die Beobachtung de
jährlichen, monatlichen und täglichen Wechsel, dene
sie unterworfen ist, Bezug haben. Es ist sehr be

greiflich, wie wichtig es für die Geologie wäre, zu irgend einer beliebigen Zeit bestätigen zu können, ob die magnetische Kraft der Erdkugel an verschiedenen Punkten einige Veränderung erlitten habe. Da man keine direkten Methoden anwenden kann, so muß man zu anderen seine Zuflucht nehmen, welche in der Ausführung mehr oder weniger Schwierigkeiten darbieten; Poisson hat eine angegeben, welche die Anwendung vollkommen identischer Magnetnadeln sowohl in Beziehung auf ihre Verfertigung, als auch in Beziehung auf ihre Magnetisirung durchaus nicht erheischt. Dieser berühmte Mathematiker fing damit an, zu beweisen, daß es eine gewisse Funktion von Größen gebe, deren Werth nicht von den angewandten Nadeln abhängt, sondern bloß von dem Erdmagnetismus, aus welcher Funktion man ihn ableitet. Dieser Werth kann nur durch Approximation erhalten werden, da man ihn aber in einem beliebigen Grade der Approximation berechnen kann, so geht daraus hervor, daß man die Fehler in dem Versuche nach Belieben verringern könne.

Arago hat eine unmittelbare Methode vorgeschlagen, welche auf der Eigenschaft einer Magnetnadel beruht, die sich unter einer Metallscheibe befindet, der man eine drehende Bewegung gibt, daß sie nämlich mit um so mehr Kraft fortgerissen werde, je beträchtlicher ihr Magnetismus ist; man würde sich von der Einwirkung des Erdmagnetismus befreien, wenn man den Versuch in einer Ebene machte, die senkrecht auf der Richtung der Magnetnadel steht und mit kleinen Gegengewichten die Endpunkte der Nadel beschwerte, damit die Platte, welche sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit dreht, sie um eine gewisse Anzahl von Graden zum Abweichen brächte; diese Gegengewichte würden das Maß für die magnetische Intensität der Erdkugel abgeben. *Poisson hatte* die Methode zu Bestimmung *der absoluten Intensität* des Erdmagnetismus *anzeigt; Gauß ist weiter* gegangen. er hat sie

versuchte; diese Linien haben aber keinen anderen Werth, als die Beobachtungen auf eine methodische Weise zu gruppiren; seitdem Duperrey die Deklinationen zum Zeichnen der magnetischen Meridiane benützt, wie sie heutzutage betrachtet werden müssen.

Die erste Karte mit Linien von gleicher Inklination scheint von Wilke verzeichnet worden zu sein und befindet sich in den Denkschriften der Akademie von Stockholm für das Jahr 1768 eingerückt. Lemonnier brachte später diese Karte wieder zum Vorschein, aber mit beträchtlichen Modifikationen. Im Jahre 1819 gab Hansteen andere heraus. Die Linien von gleicher Inklination sind den Parallelkreisen ähnlich, welche sie schief schneiden; sie haben aber nicht die ganze Regelmäßigkeit derselben und sind um so weniger parallel unter sich, je mehr sie sich den Polargegenden nähern, wo sie die magnetischen Pole auf allen Seiten umschreiben.

Hansteen glaubte aus der Figur der Linien von gleicher Deklination ableiten zu können, daß es zwei magnetische Pole in jeder Polargegend gebe; diese Behauptung ist aber nicht allgemein angenommen, und Duperrey hat sich überzeugt, daß sie nicht die Folge von irgend einer der Anomalien sein könne, die man an dem Ganzen der Beobachtungen, sowohl in der Richtung als der Intensität der magnetischen Kräfte bemerkt. Ihm zufolge haben die Linien von gleicher Inklination, wie die Linien von gleicher Deklination den Nachtheil, daß sie nicht der Ausdruck für eine Thatsache sind, die einzig und allein von der Wirkung des Magnetismus abhängt.

Unter den Linien von gleicher Inklination zieht eine besonders die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich, nämlich die, wo die Inklination Null ist, und welcher man den Namen magnetischer Aequator *gegeben hat.* Im Jahre 1768 hat Wilke eine Zeichnung davon gegeben; Hansteen und Morlet haben

sie in der neueren Zeit wieder herausgegeben, indem sie sich auf die zahlreichen Beobachtungen, die sie aus den Reisen Cooks, Eckbergs, Pantons, Lapeyrouse ꝛc. schöpften, stützten. Man verdankt Morlet ein leichtes Mittel, zu der Bestimmung der krummen Linie, welche den magnetischen Aequator vorstellt, die benachbarten Beobachtungen der Oerter, durch welche er geht, beitragen zu lassen. Man weiß, daß Biot, welcher alle südlichen und nördlichen Wirkungen des Erdmagnetismus in zwei Wirkungsmittelpunkte zusammenfaßte, welche er in eine sehr kleine Entfernung vom Mittelpunkt der Erdkugel verlegt, auf eine Formel gekommen ist, vermittelst deren man die magnetische Breite eines Punktes von der Oberfläche der Erde als Funktion der Inklination der Nadel, die an diesem Punkte beobachtet wurde, erhalten würde, wenn die Erde vollkommen homogen wäre; diese Formel ist in folgende übersetzt worden: die Tangente der magnetischen Breite eines Orts ist das Doppelte von der Tangente der Inklination. Morlet, welcher diese Formel anwandte, hat gefunden, daß sie auf die Inklinationen, welche dreißig Grade nicht überschreiten, anwendbar sei; die Resultate, welche Hansteen und Morlet erhielten, beziehen sich auf den magnetischen Aequator von 1780. Auf seiner Fahrt auf der Corvette La Coquille hat Duperrey zahlreiche Beobachtungen angestellt, welche ihn in den Stand setzten, für das Jahr 1824 den magnetischen Aequator fast in seinem ganzen Laufe zu bestimmen.

Die isodynamischen Linien, oder von gleicher magnetischer Intensität sind zum ersten Male von Hansteen auf einer Karte gezogen worden, welche im Jahre 1826 erschien; er verfertigte neue vollständigere, welche im Jahre 1832 erschienen. Hansteen machte in diesen letzteren, soweit es die Umstände erlaubten, die Beobachtungen dadurch vergleichbar, daß er den Werth einer jeden von ihnen als eine Funktion des

Es sind schon viele Theorien zu Erklärung
Erdmagnetismus ersonnen worden; die Analyse
magnetischen Theorien würde uns aber zu weit fü
wir wollen also lieber in Beziehung auf ihre
fung und ihre Erörterung auf Traité de l'élect
et du magnétisme t. VII. p. 428 u. f. verweis

Man hat bis jetzt viele Hypothesen aufge
um auf die Ursache des Erdmagnetismus zu
men. Gilbert nahm zuerst an, daß die Erd
großer Magnet sei, dessen Are beinahe mit der
are zusammenfalle; nach dieser Hypothese wäre
beiden magnetischen Pole von den beiden Erd
nicht sehr weit entfernt. Hanstеen suchte zu b
sen, daß es in den nördlichen Gegenden einen
dern magnetischen Pol geben müsse, ohne we
man nicht alle beobachtete magnetische Erscheinu
erklären könne; man müßte also annehmen, da
zweiter Magnet in der Richtung eines Durchme
dessen Pole mit dem magnetischen Pole zusammen
durch die Erde ginge. Barlow stellte auch experi
tale Forschungen in Beziehung auf den wahrs
lichen Ursprung des Erdmagnetismus an und
von dem Grundsatze aus, daß der Magnetismu
Erde nicht der eines Magnets, wohl aber der
eisernen Kugel sei, welche den Magnetismus
Induction erhalten hätte. Demzufolge suchte
beweisen, daß der Erdmagnetismus gar wohl
elektrischen Ursprung haben, d. h. von der Wi
elektrischer Ströme herrühren könne, welche der
sichten Ampere's gemäß um die Erde herum cirku
Barlow's Versuch zur Rechtfertigung der Richt
seiner theoretischen Ansichten hatte ganz den Er
den er davon erwarten konnte. Demungeachte
sich Barlow die Schwierigkeiten nicht verhehlt
sich bei Erklärung des Daseins elektrischer St
an der Oberfläche der Erde zeigten; indem e
Ströme bei Seite ließ, welche einen chemischer

sprung haben würden, und deren Hervorbringung sich nicht wohl denken ließe, gab er thermoelektrischen Strömen den Vorzug, welche von dem Sonneneinflusse herrühren.

In dieser Hinsicht wollen wir bemerken, daß man in dem Gesteine oder in den meisten Substanzen, woraus die oberflächliche Schichte der Erde besteht, wegen ihrer schlechten elektrischen Leitungsfähigkeit keine elektrischen Ströme erhalten könne. Daher ist es also schwer, Barlow's Hypothese anzunehmen; indessen muß man doch gestehen, daß die jährlichen und täglichen Variationen der Magnetnadel von der Gegenwart der Sonne über dem Horizonte herrühre. Es müssen also alle materiellen Theile der Erde mit Magnetismus begabt sein, welcher, je nachdem diese Theile den erwärmenden Einfluß der Atmosphäre durch das Dasein oder die Abwesenheit der Sonne über dem Horizonte erleiden, Wechsel erfährt, sowie die Wärme den Magnetismus einer magnetisirten Stange modifizirt. Was das Dasein hydroelektrischer Ströme anbetrifft, welche in dem Innern der Erdkugel und in constanten Richtungen cirkuliren, so haben wir bereits unsere Meinung über diesen Punkt (S. 103) ausgesprochen.

Ebenso fehlen die Thatsachen zur Erklärung der andern Theorien; wir halten also hier an, da unser Zweck in dieser Einleitung darin besteht, alles das anzuführen, was die Wissenschaft in Betreff der magnetischen Erscheinungen als wahr und richtig in ihren Annalen aufgezeichnet hat.

Sechstes Kapitel.

Von der Optik.

Wegen seiner Wichtigkeit in der Natur, wegen seines Eintretens bei einer großen Anzahl von

Erscheinungen und wegen seiner Anwendungen be
Verfertigung von Apparaten, die dazu dienen, eber
diese Erscheinungen zu studiren, ist das Licht derjenig
Theil der Physik, welcher bis auf die Zeit, wo di
Elektricität die allgemeine Aufmerksamkeit auf sic
zog, der Gegenstand war, welcher von Seite de
Physiker am meisten erforscht wurde. Während de
beiden verflossenen Jahrhunderte folgten die Entdeckun
gen in der Optik rasch aufeinander, sie ließen indes
sen gegen das Ende des verflossenen Jahrhunderts
nach, sodann kam seit der Entdeckung der Polarisa
tion ein neuer Zuwachs hinzu.

Das Licht, oder vielmehr die Optik, besteht aus
so mannigfaltigen Thatsachen, daß man, wenn man
sie mit Befolgung der Ordnung der Entdeckung einer
jeden derselben berichten wollte, ein ungleichför
miges Ganzes erhielte, das es unmöglich machen
würde, alle Ursachen sogleich aufzufassen, welche zu
der Entdeckung dieser Thatsachen beigetragen haben.
Auf der anderen Seite sind mehrere der allgemeinen
Thatsachen schon so lange bekannt, daß sich ihr Ur
sprung in die Nacht der Zeiten verliert. Es ist also
besser, alle Eigenschaften des Lichts, welche Bezie
hungen unter sich haben, zusammenzustellen; wir wer
den demnach ganz kurz durchgehen

1) die verschiedenen Meinungen über den Ursprung
des Lichtes,
2) die Geschwindigkeit des Lichtes,
3) die Photometrie,
4) die Reflexion des Lichtes,
5) seine Brechung,
6) die Zerstreuung oder Zersetzung des Lichtes
seine Wiederzusammensetzung und den Achro
matismus,
7) das Sehen,
8) die optischen Instrumente,
9) die Beugung und die Interferenzen des Lichtes

10) die doppelte Brechung,
11) die Polarisation.

1. Von den verschiedenen Meinungen über den Ursprung des Lichtes.

Aristoteles, welcher Alles vermittelst einiger allgemeinen Principien erklären wollte, meinte, daß die durchsichtigen Körper, wie die Luft, das Wasser, das Glas u. s. w., die hinter ihnen befindlichen Gegenstände nur vermöge einer eigenthümlichen Kraft sehen lassen, welche von dem Durchgange des Lichtes durch diese Körper in Wirksamkeit gesetzt werde. Nach seiner Ansicht war das Licht durchaus nicht das Feuer, es hatte nichts Materielles, es strahlte von dem leuchtenden Körper aus und pflanzte sich durch die durchsichtigen Körper fort; es rührte von dem Daseyn des Feuers in den Körpern her. Dies waren die metaphysischen Principien, sehr dunkle Principien, welche bis auf Grimaldi und Descartes in Erklärung der leuchtenden Phänomene zur Richtschnur dienten. Grimaldi, welcher zu Bologna im Jahre 1518 geboren wurde, scheint der erste zu seyn, welcher den Versuch machte, die optischen Erscheinungen aus dem Undulationssysteme zu erklären. Descartes stellte den Grundsatz auf, daß das Licht in einer schwingenden Bewegung der Moleküle des leuchtenden Körpers bestehe, vermittelst welcher diese Moleküle eine stoßende Bewegung nach allen Richtungen hin den Kügelchen einer sehr feinen Flüssigkeit mittheilen können, welche in dem Weltall und in allen Körpern verbreitet ist. Da diese Kügelchen materiell sind und in unmittelbarer Berührung mit einander stehen, so mußte die Fortpflanzung des Lichtes augenblicklich sein. Diese Theorie wurde zurückgewiesen und ganz aufgegeben, sobald als Römer im Jahre 1675 und später Bradley im Jahre 1728 entdeckt hatten, daß die Fortpflanzung

des Lichtes nicht augenblicklich sei, und als man Descartes den Einwurf gemacht hatte, daß das Licht nicht reflektirt werden würde, wenn die Kügelchen der ätherischen Materie nicht mit Elasticität versehen wären.

Der Professor Malebranche stellte eine Analogie zwischen dem Lichte und dem Schalle auf, indem er an die Stelle der materiellen Kügelchen des Descartes kleine Wirbel aus einer feinen Materie setzte.

Huyghens erschuf das Undulationssystem, dessen mathematische Principien er mit jener hohen Geistesüberlegenheit feststellte, die man in allen seinen Arbeiten findet; dieses System, Dank sei es den Forschungen des Th. Young, welcher das Princip der Interferenzen entdeckte, des Malus, dem man die Entdeckung der Polarisation des Lichts vermittelst der Reflexion verdankt, des Fresnel, welcher das Undulationssystem dadurch auf feste Grundlagen baute, daß er für den nämlichen Zweck die experimentalen und analytischen Forschungen Arago's mitwirken ließ; dieses System, sagen wir, macht es möglich, heutzutage die leuchtenden Erscheinungen zu erklären, ohne beständig zu neuen Hypothesen seine Zuflucht nehmen zu müssen. Huyghens nahm, wie Descartes, das Dasein einer sehr feinen Flüssigkeit von einer ätherischen Natur an, die in dem Raume verbreitet ist, alle Körper durchdringt, aber ausnehmend elastisch ist, und deren Dichtheit nach der Natur des Körpers verschieden ist. Er setzte überdies voraus, daß sich die Molekülen in einem beständigen Zustande der Schwingung befinden, daß ihre schwingende Bewegung der Netzhaut durch die Vermittlung der ätherischen Materie, welche selbst in Schwingung gerathe, wie das Wasser, in welches man einen festen Körper wirft, mitgetheilt werde. Dieser große Geometer verglich also die Fortpflanzung des Lichtes in *dem Aether* mit der des Schalles in der Luft oder *einer schwingenden* Bewegung, welche einer ponde-

rablen Flüssigkeit gegeben wird, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Geschwindigkeit der Schwingungen des Aethers unendlich groß in Beziehung auf die Geschwindigkeit der Moleküle der Luft, welche den Schall fortpflanzen, oder der Moleküle der ponderablen Flüssigkeit ist.

Newton nahm diese Ansicht nicht an; diesem großen Philosophen zufolge verbreiteten die leuchtenden Körper nach allen Richtungen hin Molekülen von einer außerordentlichen Feinheit, deren verschiedene Flächen nicht gleiche Eigenschaften besitzen. Wäre ihre Feinheit nicht so groß, so würden die Molekülen die Gegenstände, auf welche sie stoßen, zertrümmern. Er nahm ferner an, daß die Molekülen der Wirkung von Attraktiv- und Repulsivkräften gehorchen, welche sich, da sie in allen Körpern vorkommen, nur in einer sehr kleinen Entfernung von ihrer Oberfläche kund thun. Dies sind die Grundlagen der Emanationstheorie, welche lange Zeit zahlreiche Anhänger hatte.

Indem Newton diese Angaben dem Calkul unterwarf, so gelang es ihm, eine richtige und klare Erklärung von den zu seiner Zeit bekannten leuchtenden Erscheinungen zu geben. Es erhob sich ein Streit zwischen den Anhängern der Undulationstheorie und denen der Emanationstheorie. Huygens suchte zu beweisen, daß seine Theorie ebensogut, wie die Newton'sche die Lichterscheinungen und besonders die Reflexion und Refraktion erkläre. Seit dieser Zeit sind die Physiker über die Ursache des Lichts in ihren Meinungen getheilt geblieben. Man muß jedoch gestehen, daß die Undulationstheorie heutzutage eine weit größere Menge von Anhängern zählt, als die Emanationstheorie.

Einige besondere Thatsachen schienen anfänglich von keiner der beiden Theorien erklärt werden zu können; unter anderem die Beugung, welche von Grimaldi *entdeckt worden* war; man schloß augen-

blicklich daraus, daß die Lichtstrahlen von ihrer geradlinigen Richtung abweichen, wenn sie bei einem Körper von beliebiger Natur vorbeikommen. Newton schrieb diese Erscheinung der Wirkung der Repulsivkräfte zu, deren Dasein er in seiner Theorie angenommen hat. Huyghens Hypothese konnte anfänglich diese Thatsache nicht erklären, aber Fresnel gab eine vollständige Erklärung in der Undulationstheorie davon.

Eine andere Ordnung von Erscheinungen konnte gleichfalls durch keine der Theorien erklärt werden. Diese Erscheinung, womit man sich vor Newton beschäftigte, waren die Farben, welche die dünnen Schichten im Allgemeinen zeigen, sie mögen nun flüssig, wie in den Seifenblasen, oder gasartig wie in dem Raume sein, der sich zwischen einem Spiegel und einem andern von linsenförmiger Gestalt befindet, die man aufeinander legt, begriffen ist. Um diese Erscheinung zu erklären, mußte Newton zu einer Theorie seine Zuflucht nehmen, die sich auf die Anwandlungen von leichter Fortpflazung und leichter Reflexion gründete, wovon weiter unten gesprochen werden wird, während sie in der Undulationstheorie sich leicht ableiten läßt. Diese Erscheinung und die der Beugung haben dazu beigetragen, eine große Anzahl von Physikern auf die Seite der Undulationstheorie zu bringen.

Endlich hat man es auch versucht, das Licht dadurch zu erklären, daß man es als das Resultat stetiger elektrischer Entdeckungen ansah, welche bei dem Durchgange der Elektricität durch die Körper hervorgebracht werden, da die Fortpflanzung nur durch Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen der natürlichen Flüssigkeit in den Molekularräumen bewerkstelligt werden könne. Die Thatsachen aber, auf welche man sich stützt, sind nicht zahlreich genug, als daß *diese Ansicht* ernstlich in Betracht gezogen wurde. Wir *wollen jetzt* zu den Eigenschaften des Lichtes übergehen.

2. Geschwindigkeit des Lichtes.

Wie man gesehen hat, so meinte Descartes, daß sich das Licht augenblicklich fortpflanze. Er glaubte den Beweis davon in der Beobachtung der Mondsfinsternisse zu finden. Da das Licht weniger als eine Minute braucht, um von dem Monde auf die Erde zu gelangen, so konnte er die Schnelligkeit desselben nicht beobachten. Als Römer aufmerksam die Verfinsterung des ersten Jupiterstrabanten beobachtete, so fand er, daß das Licht beinahe 7 Minuten brauche, um von der Sonne auf die Erde zu gelangen; seine Geschwindigkeit betrug also seitdem 70,000 französische Meilen auf die Sekunde.

Die Entdeckung der Aberration der Fixsterne, welche später im Jahre 1728 von Bradley gemacht wurde, bestätigte die aufeinanderfolgende Bewegung des Lichts, dessen Geschwindigkeit, die daraus abgeleitet wird, vollkommen mit der von Römer gefundenen übereinstimmt.

3. Photometrie.

Dieser Theil der Optik, welcher die Forschungen umfaßt, die sich auf das Maß der Intensität des Lichtes beziehen, ist am wenigsten vorangeschritten. Man hat zwar wohl Verfahrungsarten um annähernd die Intensitäten zweier Lichter von gleicher Farbe zu vergleichen, diese Verfahrungsarten sind aber nicht mehr anwendbar, wenn die Lichter von verschiedener Farbe sind.

Bouguer schlug im Jahre 1760 vor, als Photometer zwei Blatt Papier von gleicher Größe und aus demselben Buche anzuwenden, wovon das eine von einem Lichte erhellt wird, dessen Intensität man messen will, das andere von einem Lichte, dessen Entfernung von diesem Blatte man nach Belieben verändert, und mit welchem man das erste

vergleicht. Wenn die Intensitäten gleich waren, so berechnete man die des einen als Funktion des andern vermittelst des Gesetzes der Intensitäten, welches das umgekehrte Verhältniß des Quadrats der Entfernung ist.

Rumford schlug ein anderes Verfahren vor, das sich auf die Gleichheit der Schatten gründete, welche zwei undurchsichtige, gleiche, zwischen die beiden Lichter gestellte Körper auf ein Blatt weißen Papiers warfen.

Ein Photometer, welches ziemlich genau zu sein scheint, ist das von Ritchie erfundene. Die Lichter, welche man vergleichen will, werden daselbst durch zwei Spiegel auf ein Blatt geölten Papiers geworfen, so daß man durch die Entfernung oder Annäherung der Lichter leicht beurtheilen kann, wenn die beiden Bilder gleiche Intensität haben. Dieser Apparat hat überdies noch den Vortheil, daß er beweist, daß die Intensität des Lichtes in dem umgekehrten Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung steht.

Leslie wandte seinen Differenzialthermometer als Photometer an, indem er von dem Princip ausging, daß die Menge der von einem leuchtenden Körper ausgestrahlten Wärme der Menge an Licht, welche von diesem Körper ausgesendet wird, proportional sei, und daß die Grade des Apparats auch den Wärmemengen proportional seien. Er hatte also nur nöthig, nach einander die beiden Lichter in gleicher Entfernung von einer der Kugeln seines Thermometers zu erforschen, um ihre Intensität zu vergleichen; die Principien aber, auf welchem sein Verfahren beruht, sind durch keinen Versuch bestätigt worden, so daß es also aufgegeben wurde.

Bouguer, Leslie und Wollaston haben die Lichtmengen verglichen, welche die Sonne und der Mond *ausstrahlen*; die großen Differenzen aber, welche *zwischen den* erhaltenen Resultaten stattfinden, zeigen,

daß das angewandte Verfahren unvollkommen ist. Arago hat auf mehrere Photometer ersonnen, die genauer als die vorhergehenden sind.

4. Reflexion des Lichtes oder Katoptrik.

Euklid scheint der erste zu sein, welcher von der Katoptrik gesprochen hat, sodann kamen Alhazen und Vitellian in dem eilften und zwölften Jahrhundert. Unter den Neueren führen wir den P. Tacquet, den P. Fabri, Jakob Gregory, Isaak Barrow u. s. w. an. Die Eigenschaften der Reflexion des Lichtes sind sehr ausführlich von dem P. Tacquet und von Smith behandelt worden.

Wenn ein Lichtstrahl auf eine polirte Fläche, z. B. die eines Spiegels, fällt, so wird er reflektirt und bildet einen Reflexionswinkel, der dem Einfallswinkel gleich ist; der einfallende Strahl und der reflektirte Strahl liegen in einer Ebene, die auf der reflektirenden Fläche im Reflexionspunkte senkrecht steht. Die Reflexion des Lichtes ist in der Undulationstheorie und in der Emanationstheorie von ihrem Gründer erklärt worden. Newton sah sich genöthigt, anzunehmen, daß die Reflexion von der Wirkung gewisser repulsiven Kräfte herrühre, welche die ponderablen Theilchen des reflektirenden Körpers auf die leuchtenden Moleküle ausüben. Huyghens hatte nicht nöthig, seiner Theorie Gewalt anzuthun; er beschränkte sich darauf, zu sagen, daß, wenn die wellenförmige Bewegung der Moleküle des Aethers an die Oberfläche eines reflektirenden Körpers gelangt, welche gleichfalls die Trennungsfläche zweier Aethertheilchen ist, welche nicht die nämliche Dichtheit haben, ein Theil dieser Bewegung auf die nämliche Seite der Fläche zurückkehrt und die Reflexionen des Lichtes erzeugt.

Nach Newtons Erklärung möchte es scheinen, daß der *Einfallspunkt*, unter welchem ein Strahl an die

Fläche gelangt, möchte er sein, welcher er wolle, die nämliche Lichtmenge reflektirt werden müsse. Dem ist aber nach Bouguers Versuchen, die in der Absicht angestellt wurden, die Intensität des reflektirten Lichtes mit dem des einfallenden Lichtes zu vergleichen, durchaus nicht so; die Folgerungen, welche dieser Physiker daraus abgeleitet hat, stimmen mit den Resultaten überein, welche Fresnel und Arago vermittelst eines anderen Verfahrens erhielten: denn sie haben aus ihren Versuchen geschlossen, daß bei einer und derselben reflektirenden Fläche die Menge des reflektirten Lichtes in dem Verhältnisse abnimmt, als der einfallende Büschel, der immer die nämliche Intensität besitzt, sich der Normalen nähert, und daß bei einem und demselben Einfallspunkte Flächen von verschiedener Natur sehr verschiedene Theile von eben diesem Büschel reflektiren. Um die Reflexion des Lichtes in der Newton'schen Theorie zu erklären, müßte man also eine Modifikation in der Kraft annehmen, welche nach der Schiefe des leuchtenden Strahls zwischen den Molekülen der Oberfläche und denen des Lichts ausgeübt wird; eine Hypothese, welche die Erklärung der Reflexion von der der Refraktion trennt.

Wenn das Licht auf Flächen von verschiedener Gestalt reflektirt wird, so gibt es zu Erscheinungen Veranlassung, welche seit langer Zeit beobachtet worden sind. Isaak Barrow ist der erste Physiker, der diese Erscheinungen genau in Beziehung auf die sphärische Spiegel beschrieben hat. Es erzeugen sich wirklich auf diesen Spiegeln glänzende Flächen, welche mehr Licht erhalten als die daneben liegenden Theile und die man *kaustisch durch Reflexion* nannte. Unter den Physikern und Geometern, die sich am meisten mit den kaustischen Flächen beschäftigt haben, führen wir zuerst Tschirnhausen, sodann Bernoulli, *Malus*, *Petit* u. s. w. an. Die reflektirende Eigenschaft der gekrümmten Spiegel ist, wie man erzählt,

von Archimedes benützt worden, um die römische Flotte in Brand zu stecken; er setzte zu dem Ende ein System von Planspiegeln zusammen, um einen gekrümmten Spiegel daraus zu machen. Buffon wandte auch einen derartigen Spiegel an, dessen Brennweite 25,98 Meter betrug und mit welchem er große Brennwirkungen hervorbrachte.

Die Reflexion des Lichtes ist seit dem Anfange dieses Jahrhunderts zu außerordentlich genauer Messung der Krystallwinkel benützt worden. Die zu diesem Zwecke angewandte Instrumente werden Reflexionsgoniometer genannt. Malus erfand einen, der zu Bestimmung der Krystallwinkel von einer gewissen Dimension dient, während Wollaston die Wissenschaft mit einem anderen Instrumente bereicherte, das sich auf das nämliche Princip gründete und das zu Auffindung der kleinsten Krystallwinkel dient; es ist in Deutschland besonders von Mitscherlich sehr vervollkommnet worden. Man hat endlich eine andere Anwendung von dem Lichte zu Verfertigung des Heliostat gemacht, eines Instrumentes, das dazu dient, einen reflektirten Sonnenstrahl trotz der scheinbaren Bewegung der Sonne zu fixiren.

Man weiß, daß, wenn man einen leuchtenden Strahl in ein dunkles Zimmer gehen läßt, dieser Strahl, wegen der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne, bald seine Stelle verändert. Der Zweck des Heliostaten geht nun dahin, eine reflektirende Fläche sich so bewegen zu lassen, daß trotz der scheinbaren Bewegung der Sonne, die Strahlen, welche auf diesen Spiegel fallen, beständig nach der nämlichen Richtung reflektirt werden. Sgravesand hat dieses Problem zuerst vermittelst eines Uhrwerks gelöst, und in der neuesten Zeit hat der Heliostat große Vervollkommnungen durch Gambey erhalten.

5. Von der einfachen Brechung oder Dioptrik.

Jedesmal, wenn ein Lichtstrahl von einem Medium in ein anderes übergeht, so wird er von seiner Richtung abgelenkt, man sagt alsdann, er sei gebrochen. Die Ablenkung hängt von der mehr oder minder großen Dichtheit des neuen Mediums, in welches der Strahl übergeht, von der Natur des brechenden Körpers und von dem Grade der Schiefe des einfallenden Strahles ab. Descartes entdeckte das Gesetz dieser Erscheinung, das folgendermaßen lautet: Der gebrochene, sowie der einfallende Strahl, liegen in einer Ebene, welche senkrecht auf der Oberfläche steht; der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels stehen in Beziehung auf die nämliche brechende Substanz, mag auch der Einfallspunkt sein, welcher er will, in einem constanten Verhältnisse. Dieses Verhältniß ist der Brechungsinder genannt worden.

Die Bestimmung des Brechungsinderes der Körper hat die Physiker sehr beschäftigt. Um die Frage zu vereinfachen, haben sie zuerst angenommen, daß auf einen einfallenden Strahl nur ein einziger gebrochener Strahl komme. Sonst wäre man genöthigt gewesen, die Wirkungen der Zerstreuung des Lichts, d. h. der Differenz der Brechbarkeit der verschiedenen Strahlen, woraus der Büschel besteht, mit in Anschlag zu bringen.

Newton hat zuerst mit Genauigkeit die Brechungsindere verschiedener festen und liquiden Substanzen bestimmt. Da er die Körper nach ihrem Brechungsvermögen ordnete, so bemerkte er, daß der Diamant und das Wasser sich neben den Oelen befanden, d. h. neben Körpern, welche ein verbrennbares Princip enthalten; er zog augenblicklich daraus den Schluß,

daß jene beiden Körper gleichfalls einen verbrennbaren Grundstoff enthalten müssen; eine Hypothese, welche durch Lavoisier's Versuche zu einer Wahrheit umgeschaffen wurde. Worin besteht aber dieser den Oelen und Harzen gemeinschaftliche Grundstoff, der es ihnen gestattet, so mächtig auf das Licht zu wirken, wenn es durch sie hindurchgeht? Dies wollten Biot und Arago dadurch finden, daß sie mit einer außerordentlichen Genauigkeit das Brechungsvermögen der gasartigen Substanzen bestimmten.

Zu diesem Ende haben sie die Gase in prismatische Gefäße gebracht, deren Grundflächen durch parallele Spiegel geschlossen waren und deren Brechungswinkel weit größer als bei den liquiden Flüssigkeiten ist, weil die Gase bei gleichen Winkeln eine geringere Brechung besitzen als diese letzteren. Sodann haben sie operirt, indem sie wie Newton das Minimum der Abweichung des Strahls, welcher durch das Prisma geht, anwandten, und die Veränderungen des Druckes und der Temperatur in Anschlag brachten. Sie haben alsdann gefunden, daß die brechende Kraft des Wasserstoffgases die der andern Gase und sogar der andern bisher beobachteten Substanzen bei weitem übertreffe.

Da nun dieser verbrennbare Stoff in großer Menge in den Harzen, Oelen, so wie in dem Wasser vorkommt, so muß man ihm die große brechende Kraft, welche von Newton in den brennbaren Substanzen bemerkt wurde, zuschreiben. Zu Bestimmung der Brechungsindere eines festen und eines durchsichtigen flüssigen Körpers wendet man das nämliche Verfahren an. Was den festen Körper anbetrifft, so gibt man ihm eine prismatische Gestalt, deren Neigungswinkel man mit einem Reflexionsgoniometer mißt; wenn man ihn nun gehörig stellt, so bestimmt man die Minimumsabweichung. Diese Abweichung, der *Neigungswinkel* und der Brechungsinder bilden

das Licht zu gleicher Abweichung nöthigten. Die Folgerungen, auf welche Dulong's Versuche führten, sind folgende:

1) Es findet kein Verhältniß zwischen den Zahlen, welche die Refraktivkräfte der Gase vorstellen, und denen Statt, welche ihre Dichtheiten angeben, denn diese Zahlen wachsen bald in der einen, bald in einer anderen Richtung.

2) Die Refraktivkraft einer Mischung ist der Summe der Refraktivkräfte ihrer Elemente gleich. Da sich die Luft in diesem Falle befindet, so hat man daraus geschlossen, daß sich ihre Grundstoffe in dem Zustande eines Gemengs und nicht einer Verbindung befinden.

3) Die Refraktivkraft einer gasartigen Mischung ist bald größer, bald kleiner, als die Summe der Refraktivkräfte ihrer Elemente.

4) Die refringirende Kraft einer Substanz im liquiden Zustande ist größer, als die refringirende Kraft der nämlichen Substanz im gasartigen Zustande.

Dieses letzte Resultat ist im Jahre 1815 von Arago und Petit gefunden worden.

Bis jetzt war nur von dem Brechungsinder durchsichtiger Substanzen die Rede, Wollaston aber gelangte, vermittelst des Phänomens der totalen Reflexion, welche stattfindet, wenn das Licht sich bei dem Herausgehen aus dem Wasser in die Luft unter einem größeren Winkel als dem Gränzwinkel zeigt, zu dieser nämlichen Bestimmung bei den undurchsichtigen Körpern.

Die Luftspiegelung, welche man so häufig in Aegypten und auf dem Meere beobachtet, ist eine Brechungserscheinung; denn jedesmal, wenn das Licht von einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht, findet ein Einfallswinkel Statt, in Beziehung auf welchen der Brechungswinkel ein rechter, d. h. parallel mit der Oberfläche ist. Jenseits dieses Einfallens werden

die einfallenden Strahlen nicht mehr gebrochen, sondern einwärts reflektirt; dies ist die Ursache der Luftspiegelung, welche Monge zuerst erklärte.

Das Studium der Brechung hat besonders die Astronomen sehr beschäftigt und beschäftigt sie noch, weil die Strahlen, welche von den Gestirnen ausgehen, bei ihrem Uebergang in unsere Atmosphäre eine solche Abweichung erleiden, daß diese Sterne über dem Horizonte höher zu stehen scheinen, als sie es wirklich sind.

Der Ablenkungswinkel, der sie uns in einer Stellung zeigt, die nicht die ihrige ist, wird astronomische Strahlenbrechung genannt.

Tycho Brahe hat zuerst aus der Beobachtung die Strahlenbrechung der Sonne, des Monds und einiger Fixsterne abgeleitet. Er fand für die erstere größere Werthe als für die Sterne, und für den zweiten bisweilen größere, bisweilen kleinere Werthe als die der Sterne.

Man verdankt dem Snellius eine Theorie der astronomischen Strahlenbrechung, dem la Hire eine Tabelle dieser Brechungen, die sich auf genaue Beobachtungen gründete, welche aber von Bouguer modifizirt wurde und neue Modifikationen erhalten wird, so lange man nicht mit der äußersten Genauigkeit alle Elemente bestimmt haben wird, welche zu der Erzeugung der astronomischen Strahlenbrechung beitragen. Zu diesem Ende muß man wissen, wie die Temperatur, die Dichtheit, und der hygrometrische Zustand bei der Erzeugung der Erscheinung mitwirken.

Laplace, der sich in seiner Mécanique céleste mit diesen verschiedenen Fragen beschäftigte, ist auf so wichtige Resultate geleitet worden, daß wir uns nicht enthalten können, sie hier anzuführen; daß nämlich der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Brechung ganz unwahrnehmbar sei; daß alle bis jetzt vorgeschlagenen Gesetze zu Bestimmung der Abnahme, welche die Wärme in dem Verhältniß erleidet, je höher man

in der Atmosphäre kommt, nicht genau seien. Der berühmte Geometer setzte an ihre Stelle ein anderes, in welchem er zu gleicher Zeit Brechungsbeobachtungen darstellen will, das des Barometers auf den Bergen und die Versuche, welche unmittelbar über diese Abnahme in den Luftschiffahrten angestellt wurde.

Laplace betrachtete zuerst die Brechung, wann die scheinbare Höhe der Sterne über 12 Grade betrug, und bewies, daß sie alsdann nur von dem Stande des Barometers und des Thermometers an dem Orte der Beobachtung abhänge, woraus er eine einfache Methode zu Verfertigung einer Brechungstabelle von 12 Grad scheinbarer Höhe bis zum Zenith ableitete; endlich zeigte er, daß man nothwendig unter 12 Graden scheinbarer Höhe auf die Verschiedenheiten der Dichtheit und der Temperatur der mannigfaltigen Atmosphärenschichten, durch welche der Strahl geht, Rücksicht nehmen müsse.

daß jene beiden Körper gleichfalls einen verbrennbaren Grundstoff enthalten müssen; eine Hypothese, welche durch Lavoisier's Versuche zu einer Wahrheit umgeschaffen wurde. Worin besteht aber dieser den Oelen und Harzen gemeinschaftliche Grundstoff, der es ihnen gestattet, so mächtig auf das Licht zu wirken, wenn es durch sie hindurchgeht? Dies wollten Biot und Arago dadurch finden, daß sie mit einer außerordentlichen Genauigkeit das Brechungsvermögen der gasartigen Substanzen bestimmten.

Zu diesem Ende haben sie die Gase in prismatische Gefäße gebracht, deren Grundflächen durch parallele Spiegel geschlossen waren und deren Brechungswinkel weit größer als bei den liquiden Flüssigkeiten ist, weil die Gase bei gleichen Winkeln eine geringere Brechung besitzen als diese letzteren. Sodann haben sie operirt, indem sie wie Newton das Minimum der Abweichung des Strahls, welcher durch das Prisma geht, anwandten, und die Veränderungen des Druckes und der Temperatur in Anschlag brachten. Sie haben alsdann gefunden, daß die brechende Kraft des Wasserstoffgases die der andern Gase und sogar der andern bisher beobachteten Substanzen bei weitem übertreffe.

Da nun dieser verbrennbare Stoff in großer Menge in den Harzen, Oelen, so wie in dem Wasser vorkommt, so muß man ihm die große brechende Kraft, welche von Newton in den brennbaren Substanzen bemerkt wurde, zuschreiben. Zu Bestimmung der Brechungsindere eines festen und eines durchsichtigen flüssigen Körpers wendet man das nämliche Verfahren an. Was den festen Körper anbetrifft, so ist man ihm eine prismatische Gestalt, deren Neigungswinkel man mit einem Reflexionsgoniometer mißt; wenn man ihn nun gehörig stellt, so bestimmt man die Minimumsabweichung. Diese Abweichung der Neigungswinkel und der Brechungsinder bilde

An alle verehrl. Lehranstalten

und an alle Freunde eines hochwichtigen Geschichtswer

Die Pracht-Ausgabe von

Titus Livius

römische Geschichte

Uebersetzt von Dr. Oertel.

Vollständig in 8 Bänden mit 9 herrlichen Stahlstich

Dritte Auflage 1844.

sind alle Buchhandlungen Deutschlands von der Verlagshandlung in Stand gesetzt für

nur 2 fl. 24 kr. oder 1 Rthlr. 12 ggr.

liefern zu können. Wir bemerken ausdrücklich, daß alle acht Bä zusammen bloß diesen Preis kosten, welcher nur bei Aussicht auf außerordentliche Verbreitung einigermaßen denkbar ist!

Das Buch des Lebens!

Ferner ist bei uns erschienen und kann durch alle Buchhandlu bezogen werden:

Volks-Heillehre.

Erfahrungen der berühmten Aerzte

Boerhaave, Hufeland, Hahnema

in der Kunst, das Leben und die Gesundheit der Mensc zu erhalten und ihre Krankheiten zu heilen.

Von einem praktischen Arzte.

Drei Bände, 1000 Seiten stark.

Geschmückt mit Boerhaave's, Hufeland's und Hahnemann's Bildni

Preis Behufs der Möglichkeit recht allgemeiner Verbreitung

alle drei Bände nur **2** fl. **24** kr. oder **1** Rthlr. **12** g

Scheible, Rieger & Sattler in Stuttgart.

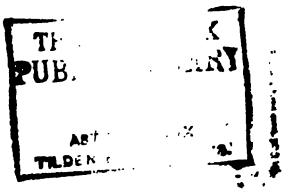
THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

in der Atmosphäre kommt, nicht genau seien. Der berühmte Geometer setzte an ihre Stelle ein anderes, in welchem er zu gleicher Zeit Brechungsbeobachtungen darstellen will, das des Barometers auf den Bergen und die Versuche, welche unmittelbar über diese Abnahme in den Luftschiffahrten angestellt wurde.

Laplace betrachtete zuerst die Brechung, wann die scheinbare Höhe der Sterne über 12 Grade betrug, und bewies, daß sie alsdann nur von dem Stande des Barometers und des Thermometers an dem Orte der Beobachtung abhänge, woraus er eine einfache Methode zu Verfertigung einer Brechungstabelle von 12 Grad scheinbarer Höhe bis zum Zenith ableitete; endlich zeigte er, daß man nothwendig unter 12 Graden scheinbarer Höhe auf die Verschiedenheiten der Dichtheit und der Temperatur der mannigfaltigen Atmosphärenschichten, durch welche der Strahl geht, Rücksicht nehmen müsse.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS


PUB.
TILDEN

Populäre Naturlehre

mit besonderer Rücksicht auf die

Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,

Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,

mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen

von

Professor G. Kißling.

Zweiter Theil.

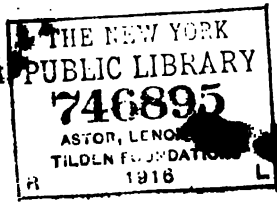
Mit Tafel III. u. IV.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher."

Stuttgart, 1845.

Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.

(Preis pro Theil 18 kr. oder 4½ Sgr.)


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
746895
ASTOR, LENO
TILDEN FOUNDATIO
1916

Von den Linsengläsern.

Man hat bereits gesehen, daß Roger Baco einer von den Ersten war, welcher von den Eigenschaften der Gläser mit sphärischen Flächen handelte, Eigenschaften, welche uns die Körper unter kleineren oder größeren Dimensionen zeigen, als sie wirklich haben. Diese Gläser, welche man seitdem wegen ihrer Gestalt Linsengläser genannt hat, dienen zur Verfertigung der Brillen, der Mikroskope und verschiedener optischer Instrumente.

Nach ihren Oberflächen sind die Linsengläser sphärisch, elliptisch, parabolisch, cylindrisch; die Physiker haben sich aber vorzüglich mit den ersteren beschäftigt, weil sie allein zu der Zusammensetzung der nützlichsten Instrumente genommen werden. Wenn man auf alle mögliche Arten die ebenen und sphärischen Flächen verbindet, so erhält man sechs verschiedenartige Linsengläser, die zu verschiedenen Zwecken dienen.

Bei dem Studium der Linsengläser unterscheidet man unter anderm folgende Theile: die Are, oder mathematische Linie, welche die beiden Krümmungsmittelpunkte der Flächen verbindet, das optische Centrum, welches die Eigenschaft besitzt, daß alle Lichtstrahlen, welche von demselben ausgehen, bei ihrem Herausfahren aus der Linse, nachdem sie gebrochen worden sind, eine Richtung annehmen, welche mit derjenigen parallel ist, die sie bei ihrem Eintreten hatten. Bei den sphärischen Krümmungen bilden nicht alle Strahlen, die von irgend einem Punkte ausgehen, einen Brennpunkt *an derselben* Stelle; daher die Abweichung

wegen der Kugelgestalt, ein Nachtheil, dem man mit Linsengläsern von elliptischer oder parabolischer Krümmung ausweicht, weil die Strahlen, die von einem leuchtenden Punkte ausgehen, parallel sind. Diese Bedingung wird durch die dialytische Linsen erfüllt, wovon jede aus einer gewöhnlichen planconveren Linse und aus ringförmigen sphäroprismatischen Stücken besteht

Buffon wollte dialytische Linsen verfertigen; es gelang ihm aber nicht, ganz befriedigende Resultate zu erhalten, weil er die theilweisen Linsen aus einem einzigen Stück Glas schneiden ließ. Fresnel nahm die Frage wieder auf und löste sie vollständig; er berechnete zuerst die Krümmungen von einem jeden der Ringe und gab sodann an, wie man sie mit Genauigkeit bearbeiten könne. Arago verband sich mit ihm in der Absicht, Versuche anzustellen, um die besten Mittel aufzufinden, ein lebhaftes Licht in dem Brennpunkte dieser Linsen hervorzubringen, welche es möglich machen an die Stelle der Leuchtthürme mit Reflexion, die Leuchtthürme mit Refraktion zu setzen, welche einen großen Vorzug vor denselben haben. In dem Brennpunkte dieses Lichtsystemes hat man eine Lampe mit vier concentrischen Döchten angebracht, deren Licht auf eine Entfernung von 10 bis 12 französischen Meilen auf der See sichtbar ist. Dieses Beleuchtungssystem wird heutzutage an den französischen Küsten angewandt.

Wie viele Forschungen sind bereits über die Brechung des Lichtes angestellt worden! Sie beweisen, daß die Brechung wegen ihrer Anwendung und wegen der Folgerung, die man daraus für die Theorie des Lichtes ziehen kann, einer der wichtigsten Theile der Optik ist. Der Beweis dafür ist der, daß die Emanations- und Undulationstheorie immer gesucht haben, das Gesetz der Brechung mit der Hypothese zu vereinigen, die ihnen zum Ausgangspunkte diente.

6. Von der Zersetzung und von der Wiederzusammensetzung des Lichtes; — von der Zerstreuung; — von dem Achromatismus.

Nach dem Aristoteles und seinen Anhängern hing die Farbe von einer den farbigen Körpern inhärirenden und von dem Lichte unabhängigen Eigenschaft ab. Die Cartesianer nahmen ihrerseits das Vorkommen eines Mediums an, das durch die Wirkung der farbigen Körper in Bewegung gesetzt werde, und welches diese Wirkung auf das Sehorgan fortpflanzen. Newton gab aber eine genaue Erklärung der Farben an, indem er die Phänomene analysirte, welche bei der Zersetzung des Lichtes vermittelst des Prisma stattfinden. Dieser große Physiker fing mit dem Beweise an, daß ein Strahl weißen Lichtes aus sieben Reihen verschiedener Strahlen bestehe, wovon jeder eine besondere Empfindung auf der Netzhaut hervorbringe. Diese Strahlen sind nach ihrer Brechbarkeit folgendermaßen geordnet: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett; dieser letztere ist der brechbarste.

Um die Zersetzung des Lichtes zu erhalten, darf man nur einen Sonnenstrahl durch ein Prisma brechen und das Bild auf einem Blatt weißer Pappe in einem dunklen Zimmer auffangen. Anstatt des Sonnenbildes, welches kreisrund ist, sieht man ein gestrecktes Bild, das senkrecht auf den parallelen Kanten des Prisma steht, die oben angezeigten Farben enthält und dessen Ganzes das ausmacht, was man das Sonnenspektrum nennt. Wenn man mit Prismen aus verschiedenen farblosen Substanzen, welche den nämlichen Winkel und die nämliche Lage haben, experimentirt, so folgen die Farben immer in der nämlichen Lage auf einander, sie nehmen aber in dem Spektrum keine proportionale Räume ein. Die Zersetzung des Lichtes rührt von der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen Reihen leuchtender Strahlen her.

Newton hatte als Princip angenommen, daß jeder Strahl eine ihm eigenthümliche Brechbarkeit besitze; daraus ging natürlicher Weise hervor, daß gleich brechbare Strahlen auf uns die nämliche Empfindung der Farbe hervorbringen müssen; wir werden aber weiter unten sehen, daß Brewster gezeigt hat, daß dem nicht immer so sei. Nachdem Newton das weiße Licht in verschiedene farbige Strahlen zersetzt hatte, so setzte er dasselbe Licht dadurch wieder zusammen, daß er die mannigfaltig gefärbten Strahlen in einem und demselben Punkte wieder vereinigte. Vermittelst der Zerstreuungsgesetze kann man die regenbogenartigen Farben eines Körpers erklären, den man durch ein Prisma betrachtet. Newton gab eine empirische Regel, vermittelst welcher er die zusammengesetzte Farbe bestimmte, welche durch das Uebereinanderlegen mehrerer prismatischer Farben hervorgebracht wurden. Diese Regel, welche durch eine große Menge Versuche bestätigt wurde, besteht darin, eine Kreisfläche in sieben verschiedenen Sektoren einzutheilen, deren Winkel er angab. Wenn man annimmt, daß jeder dieser Sektoren eine von den Farben des Spektrums hat, so stellt das Verhältniß der Größe dieser Sektoren das Verhältniß der farbigen Räume des Spektrums vor. Dreht man nun ein solches Spektrum schnell um seinen Mittelpunkt, so erscheint es merklich weiß.

Die Brechung eines weißen Lichtstrahls durch irgend eine Substanz muß wegen seiner Zusammensetzung und der Verschiedenheit der Brechbarkeit der farbigen Strahlen mehreren gebrochenen Strahlen das Dasein geben. Man hat also die Brechungsindere von jedem farbigen Strahle zu bestimmen; Frauenhoffer hat als feste Linie bei jedem Strahle des Spektrums den *Hauptstrich* angenommen, der ihm entspricht und wovon bald die Rede sein wird.

Da das weiße Licht aus allen den einfachen Far-

elche in dem Verhältnisse, das das Spektrum enommen werden, gebildet wird, so folgt darß, wenn man eine von diesen Farben wegnimmt is Verhältniß derselben verändert, das Licht ehr weiß ist. In diesem Falle kann man das icht ansehen, als bestehe es sowohl aus dem ommenen Lichte, als auch aus dem an dem bleibenden Lichte; diese beiden Farben werden plementären von einander genannt. Die Frage plementären Farbe hat Newton sehr beschäftigt, eine Regel aufgestellt hat, mit welcher man plementäre Farbe von irgend einer Färbung kann.

sind verschiedene Theorien zu Erklärung der er Körper aufgestellt worden. Newton meinte, Farben der Körper ihnen nicht inhäriren, und von der besonderen Anordnung der Molekülen n, durch welche sie geeignet gemacht werden, ahlen einer und derselben Farbe in größerer zu reflektiren und die anderen durchzulassen, schen oder zu absorbiren.

die Farben der Körper zu erklären, nahm nur drei Urfarben an, das Rothe, das Gelbe Blaue, ohne das Schwarze dazu zu zählen, aus der Abwesenheit des Lichtes entspringt. ng wählte zu den drei Urfarben das Rothe, üne und das Violette; endlich gab Brewster ne andere Analyse des Spektrums. Dieser nimmt die drei Farben des Mayers an, und dann als Grundsatz auf, daß das Sonnenaus der Uebereinanderlegung von drei Spekstehe, wopon jedes von gleichartiger Farbe, icher Größe ist, bei welchem aber das Mader Intensität nicht auf gleiche Weise angeist. Demzufolge bestünde also irgend eine Farbe ektrums aus drei Grundfarben in verschiede-*rhältnissen.* Brewster gründete seine Theorie

auf die Thatsache, daß, wenn man Lichtstrahlen in gleichfarbige Auflösungen gehen lasse, diese ein Gemisch von Strahlen von dieser Farbe und von Strahlen von einer anderen Farbe durchgehen lassen. Die Hypothese des englischen Physikers kann die Erscheinungen, wie die Newton'sche erklären; wir werden auf diese Theorien wieder zurückkommen.

Das Sonnenspektrum zeigt noch mannigfaltige Eigenschaften, unter anderm aber eine, welche Wollaston zuerst bemerkt zu haben scheint, und wovon Frauenhoffer eine vollständige Beschreibung gab. Diese Eigenschaft besteht nun darin: wenn man ein Spektrum mit einem Vergrößerungsglase beobachtet, so sieht man, daß es der Quere nach von einer großen Anzahl von Strichen oder sehr schmalen schwarzen Streifen durchfurcht ist; diese Striche sind in dem Inneren des Spektrums ungleich vertheilt, und man zählt nicht weniger als 600, unter welchen man 7 unterscheidet, die leichter zu erkennen sind und wovon einer auf jede Farbe kommt. Frauenhoffer hat beobachtet, daß sich bei jedem verschiedenen Prisma die relative Stellung der Striche ein wenig ändert, und daß nicht jedes Licht die nämlichen Resultate gibt. Diese Eigenschaft hat es möglich gemacht, die verschiedenen Lichter unter sich zu vergleichen.

Frauenhoffer, welcher eine große Menge Versuche über die Striche anstellte, fand, daß bei der nämlichen Art von Licht die Zahl der Striche, ihre Gestalt und ihre Anordnung ganz unabhängig von dem Brechungswinkel des Prisma seien; daß die Striche des unmittelbaren Sonnenlichtes die nämlichen sind, wie die von dem Lichte der Planeten, des Mondes, der Wolken, der Atmosphäre, während das Licht der Sterne, der Flammen, der Elekricität Striche gibt, die auf eine andere Weise geordnet sind und daß das elektrische Licht, das Lampenlicht, die Flamme des Alkohols glänzende Striche

anstatt der dunkeln geben. Das Licht, welches in das salpetrigsaure Gas oder in andere farbige Gase übergeht, bringt ein Spektrum hervor, in welchem man schwarze Striche bemerkt, die unregelmäßig und von der Natur dieser Gase abhängig sind.

Ohne daß man bis jetzt angeben kann, worin die wahre Ursache dieser Striche bestehe, ist man geneigt anzunehmen, daß sie von dem Einsaugen gewisser Strahlen bei dem Durchgange des Lichts durch die Luft oder verschiedene Medien herrühre.

Man sieht jetzt, warum die Striche des Spektrums zu festen Punkten dienen könne, um mit einer großen Genauigkeit die Brechungsindere der vorzüglichsten farbigen Strahlen zu bestimmen; denn sie gestatten es, verschiedene Theile des Spektrums, mit welchen man operiren will, sehr genau abzusondern.

Von dem Regenbogen, den Höfen und den Nebensonnen.

Die Zersetzung des Lichts, seine Reflexion und seine Brechung sind die Ursache der Entstehung des Regenbogens, der Höfe und der Nebensonnen; wir können uns nicht enthalten, einige Worte hierüber zu sagen, obgleich wir die Absicht haben, diese Erscheinungen in diesem Werke auf das Ausführlichste vorzutragen, denn wir dürfen nichts von dem auslassen, was auf das Licht Bezug hat. Man weiß, daß der Regenbogen jedesmal entsteht, wenn ein Zuschauer mit dem Rücken gegen die Sonne gekehrt eine ihm gegenüberstehende Wolke, die sich in Regen auflöst, betrachtet. Sehr häufig sieht man zwei Bögen, einen inneren, dessen Farben lebhafter sind und einen äußeren, blasseren, der auch die Farben des Prisma jedoch mit dem Unterschiede zeigt, daß in dem inneren Bogen das Rothe ganz oben ist, während es in dem andern das Violette ist; diese beiden Bögen rühren von den combinirten Wirkungen der

Brechung, der Zersetzung und der Reflexion des Lichtes in den Regentropfen her; sie zeigen sich nur dann, wenn die einfallenden Strahlen einen gewissen Winkel mit den ausfahrenden machen.

Anton v. Dominis hat es zuerst versucht, eine rationelle Theorie von dem Regenbogen zu geben. Er gab an, auf welche Weise die verschiedenen Beugungen des Lichtes in den Regentropfen statthaben müssen, da aber seine Angabe in Beziehung auf den äußeren Bogen nicht genau war, so zeigte Descartes den Irrthum und gab auf eine genauere Weise den Gang der Strahlen an. Als Newton die Erklärung der Erscheinung über sich genommen hatte, so gab er ihr den Grad der Vollkommenheit, der ihr zu ihrer Vollständigkeit noch abging. Wir werden uns wegen der ausgedehnten Entwicklungen, die wir geben müßten, wenn wir uns verständlich machen wollten, in keine Einzelnheiten einlassen und bloß anführen, daß die Ursachen des Regenbogens dergestalt bekannt sind, daß man durch die Rechnung die Lage und die Größe eines jeden der farbigen Streifen, woraus er besteht, bestimmen kann; daß alle Farben sich auf mehr oder weniger offenen konischen Flächen befinden, wovon alle die durch den Mittelpunkt der Sonne und des Auges des Beobachters gezogene Linie zur gemeinschaftlichen Achse haben, daß der Konus des violetten inwendig ist und mit der Achse einen Winkel von 40° 17′ bildet; der Konus des rothen auswendig und mit der Achse einen Winkel von 42° 1′ bildet; daß die Größe des farbigen Bogens von der Höhe der Sonne über dem Horizonte abhänge.

Die Höfe sind glänzende und gewöhnlich farbige Kränze, welche bisweilen die Scheibe der Sonne oder des Mondes, welche der Mittelpunkt derselben ist, umgeben. Der Raum, der zwischen den Rändern des Gestirns und dem Innern der leuchtenden Kreise ist, hat ein stärkeres Grau oder dunkleres Blau als die

e der Atmosphäre. Bisweilen bemerkt man einen
en Hof, der den ersten umgibt; dieses Phänomen
ie Aufmerksamkeit einer großen Anzahl von Phy-
und insbesondere die des Descartes, Huygens,
iotte u. s. w. auf sich gezogen. Descartes meinte,
er von dem Uebergange der leuchtenden Strahlen
ewisse kleine Sternchen herrühre, welche sich in
Schnee befinden und durchsichtig werden, wenn
Wärme anfange, sie zu schmelzen. Das Licht er-
bei seinem Durchgange durch zwei Reihen kleiner
nchen den zweiten Kranz. Huygens nahm anstatt
leinen Sternchen Kügelchen von Wasser oder Eis
die in ihrem Mittelpunkt einen undurchsichtigen
haben, der aus einer Art von Graupen be-
e.

Mariotte vermuthete, daß der Hof der Gestalt
r durchsichtiger und prismatischer Eisnadeln zu-
eiben sei. Diese Hypothese gewinnt bei der Un-
hung, wie wir sehen werden. Endlich hat Arago
Beobachtung angestellt, welche bei der Erklärung,
nan von den Höfen geben will, in Erwägung
en werden muß; diese Beobachtung beweist
ich, daß das Licht der Höfe gebrochenes Licht
das auf die Annahme führt, daß das Phänomen
der Gegenwart von Eistheilchen in den hohen
onen der Atmosphäre herrühre.

ie Nebensonnen sind unächte Sonnen, Bilder
chten Sonne, die sich bisweilen über dem Hori-
in der nämlichen Höhe mit diesem Gestirne
n und welche immer durch einen weißen gleich-
horizontalen Kreis, dessen Pol im Zenith ist,
einander verbunden sind; dieser Kreis folgt der
baren Bewegung der Sonne. Die Bilder der
ne, welche auf dem Kreise auf der nämlichen
e mit der Sonne erscheinen, zeigen die Farben
Regenbogens und bisweilen ist der Kreis selbst
n Theile, der sich in ihrer Nähe befindet, farbig-

die auf der entgegengesetzten Seite liegenden Bilder sind immer farblos; diese müssen durch Reflexion gebildet werden, so wie der große Kreis und die anderen durch Refraktion entstanden sind. Um die Beschreibung des Phänomens vollständig zu machen, wollen wir noch anführen, daß man, wenn es entsteht, gewöhnlich um die Sonne herum einen oder mehrere kreisförmige concentrische Kränze, welche die Farben des Regenbogens zeigen und auf diesen Kränzen oder auf den Punkten des großen Kreises andere ähnliche goldfarbige Lineamente und sogar ganze Bögen erblickt.

Huyghens versuchte die Nebensonnen zu erklären, indem er sich auf das Dasein von Hagelcylindern stützt, welche inwendig einen schneeartigen, undurchsichtigen und gleichfalls cylindrischen Kern enthalten, dessen Endflächen abgerundet sind; wir können dem Gange des Lichtes in diesen Körperchen von bestimmter Gestalt nicht folgen, ohne uns in Ausführlichkeiten einzulassen, welche dieser Analyse eine zu große Ausdehnung geben würden.

Wärme erregende, chemische und Phosphorescenz erzeugende Eigenschaften des Lichtes.

Wir haben jetzt noch vier wichtige Eigenschaften anzuführen, welche nicht alle Theile des Spektrums in gleichem Grade besitzen: die erleuchtenden, die erwärmenden, die chemischen und die Phosphorescenz erzeugenden Eigenschaften.

Herschel fand, daß sich das Maximum des Lichtes in den gelben und grünen Strahlen befinde und daß es bis zum Rothen und Violetten abnehme, wo sich das Minimum findet. Newton hatte beinahe ähnliche Resultate gefunden.

Die Wärme erregenden Eigenschaften des Sonnen*spektrums* scheinen zum ersten Male von Leslie unter-

sucht worden zu sein, welcher bekannt machte, daß die Wärme erregende Wirkung vom Violetten zum Rothen zunehme. Berard setzte das Maximum in das Rothe; Herschel in den dunkeln Streifen, der auf dasselbe folgte. Seebeck bemerkte im Jahre 1828, daß sich die Lage des Maximums mit der Natur des brechenden Prisma verändere; Melloni machte bekannt, daß sich dieses Maximum um so mehr von dem Gelben gegen das Rothe hin entferne, je diathermanischer die Materie des Prisma sei und daß es ein Wärme erregendes, wie ein leuchtendes Spektrum gebe.

Was die chemischen Eigenschaften der farbigen Strahlen anbetrifft, so haben sie seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker und der Chemiker auf sich gezogen. Man kannte seit 1556 die Eigenschaft des Sonnenlichtes, chemisch auf verschiedene Mischungen zu reagiren, denn man hatte bemerkt, daß das natürliche aus der Erde gezogene Hornsilber (Chlorsilber) an dem Lichte braun wurde; aber Scheele analysirte zuerst diese Wirkung, indem er die Wirkung der verschiedenen Theile des Spektrums auf einem Papiere untersuchte, das mit Chlorsilber bestrichen war; er fand, daß die Wirkung in den violetten Strahlen auffallender als in den andern war.

Im Jahre 1722 zeigte Petit, daß Salpeter- und Salmiakauflösungen, wenn sie der Sonne ausgesetzt werden, beim Verdunsten schönere pflanzenähnliche Erzeugungen als im Schatten gaben; Beckmann fand, daß, wenn man Phosphor in Stickstoff oder andern Gasen dem Sonnenlichte aussetzte, sich an den Wänden des Gefäßes ein Pulver absetze, das von einem Medium zum andern die Farbe verändert, während man im *Schatten gar nichts* bemerkte.

Wollaston und Ritter, welche den Scheele'schen Versuch wiederholten, zeigten, daß der Theil, auf welchen gewirkt worden war, sich nicht bloß durch de

Raum erſtrecke, den das Violette einnimmt, ſ
ſogar in gleichem Grade und in gleicher Weit
das Spektrum hinaus: Wollaſton zog darau
Schluß, daß die hervorgebrachten Wirkungen
den Strahlen zuzuſchreiben ſeien, welche auf die
haut einen Eindruck machen, ſondern andern u
baren, welche ſie begleiten und brechbarer
ſelber ſind. Verſchiedene, einer Einwirkung
Subſtanzen leiteten, wenn ſie dem Einfluſſe de
miſchen Strahlen des Spektrums ausgeſetzt w
auf intereſſante Reſultate!

Gay-Luſſac und Thenard entdeckten die ſehr
würdige Wirkung des Sonnenlichtes von dem
ſerſtoffe auf das Chlor; eine große Menge anderer
ſachen, welche wir hier nicht anführen können
bewieſen, daß das Sonnenlicht in gewiſſen
als eine chemiſche Kraft wirke.

Wenn man die Wirkung des Sonnenſpek
auf verſchiedene eines Einwirkens fähige Subſ
unterſucht, ſo findet man, daß nicht immer
nämlichen Theilen des Spektrums die Wirkung
ſich gehen, oder daß wenigſtens die Größe de
miſchen Spektrums für jede Subſtanz verſchied
Bei einer und derſelben einer Einwirkung fä
Subſtanz ändert es ſich mit der Natur des P
nicht ſehr; betrachtet man aber das Spektrum,
die Brechung eines Büſchels von Sonnenſtrahlen
ein Prisma von Flintglaß hervorbringt, ſo bemerk
daß ſich bei dem Brom-, Jod-, Chlorſilber und über
bei den meiſten Silberſalzen die Wirkung vom V
über das Violette hinaus in einer wenigſten
Hälfte des Spektrums gleichen Ausdehnung ſi
ſtrecke. Wendet man die chemiſche Wirkung der K
ſäure auf die organiſchen Stoffe an, ſo erſtrec
das chemiſche Spektrum von der Mitte des G
bis auf einige Entfernung von dem äußerſten Vio

In gewiſſen Fällen begleiten das Licht zw

von Strahlen, die einen bringen eine Reaktion
or und die andern vernichten dieselbe: die Wir-
des Lichts auf das Franzosenholzharz liefert ein
iel davon. Dieses Harz wird durch die Wirkung
hemischen Strahlen, welche in dem brechbarsten
le des leuchtenden Spektrums und sogar darüber
us liegen, blau; ist es einmal blau geworden,
ird es in den am wenigsten brechbaren oder in
Rothen wieder gelblich. Man hatte anfangs
aubt, daß in diesem Falle die Wärme allein
e; Herschel hat aber gezeigt, daß das Maximum
Wirkung durchaus nicht dem Maximum der Tem-
tur entspreche; verschiedene Oxyde verhalten sich
das Franzosenholzharz. Eben so ist es mit der
kung einer alkalinischen Jodür auf ein geschwärztes
ersalz; man weiß, daß, wenn eine Jodürlösung
von diesem Salze enthält, das ganze geschwärzte
ersalz oder wenigstens alles reduzirte Silber
schnell sogar ohne die Mitwirkung der chemischen
ahlen in Jodür verwandelt. Ist aber die Jodür-
ng schwach, so wird das Papier erst unter der
virkung des Lichtes weiß, und man kann nach
chel sehen, daß, wenn die Jodürschichte auf einem
iere, das mit einem Silbersalze zubereitet und
er geschwärzt ist, sehr schwach ist, das Papier in
brechbarsten Strahlen weiß und in den am we-
en brechbaren Theile des Sonnenspektrums noch
ärzer wird.

Edmund Becquerel hat eine andere Wirkung ent-
, durch welche eine neue Eigenschaft des Lichtes
die Silbersalze im Allgemeinen augenscheinlich
acht wird.

„Wenn man von der Grenze des Wirkens des
öhnlichen chemischen Spektrums ausgeht, das auf
s Salz bis zum Rothen wirkt, so gibt es che-
he Strahlen, deren einzige Verrichtung darin
eht, *eine begonnene* chemische Reaktion fortzu-

ſetzen. Wenn man z. B. mit Jod- oder Bro
operirt, ſo hat man ein chemiſches Spektrum
ſich gewöhnlich von der Mitte des Blauen bi
das Violette hinaus erſtreckt." Dieſes beſondere
trum rührt von der Einwirkung von Strahl
welche E. Becquerel Continuatoren (For
nannte, weil ſich ihre Wirkung erſt dann zeigt
das Salz vorläufig der Einwirkung des verb
Lichtes unterworfen worden iſt.

Aus dem Vorhergehenden erſieht man, d
chemiſchen Wirkungen von Strahlen hervorg
werden, welche die Lichtſtrahlen begleiten, und
wie dieſe letzteren, den nämlichen phyſiſchen G
der Reflexion, der Brechung, der Polariſati
der Interferenz unterworfen ſind. Dieſe St
welche man chemiſche Strahlen genannt h
in dem ganzen Spektrum vertheilt, und das ch
Spektrum erſtreckt ſich nach der oder der eine
wirkung fähigen Subſtanz von dem oder dem
baren Theile bis zu dem oder dem andern.

E. Becquerel hat erſt kürzlich ein Werk
gegeben, in welchem er behauptet, daß die v
denen chemiſchen Spektren, welche auf mannig
einer Einwirkung fähige, Subſtanzen wirken, di
lichen Striche wie das leuchtende Spektrum
und daß jenſeits der Gränze des Violetten, w
in dem leuchtenden Spektrum nur ſehr wenige
ken kann, das chemiſche Spektrum eine große
von Strichen zeige; der von dieſen letzteren
nommene Theil hat eine Größe, die ungefä
Hälfte der Länge des Spektrums beträgt. Dieſ
che ſind von E. Becquerel gezeichnet worde
auch ihre Verhältniſſe beſtimmte. Man muß
ſchließen, daß die nämliche Urſache, welche de
ſaugen gewiſſer leuchtenden Räume hervorbringt
falls das Einſaugen der entſprechenden Räu
chemiſchen Strahlen bewirke.

Das Licht enthält auch Strahlen, welche ein Phosphoreszenz erzeugendes Vermögen besitzen. Als E. Becquerel die Wirkung des Spektrums auf die Phosphore von Bologna und von Canton, (Schwefelbaryum und Schwefelcalcium) analysirte, welche, nachdem sie vorläufig dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, im Dunkeln leuchtend werden, so fand er in Beziehung auf das Schwefelcalcium, daß das Phosphorenz erzeugende Spektrum, das sich von dem Indigo bis weit über das Violette hinaus erstreckt, zwei Maxima der Intensität habe, eines in dem Violetten das andere darüber hinaus; das Spektrum, welches auf das Schwefelbaryum wirkt, hat beinahe die nämliche Größe, es hat aber nur ein Maximum, das über das Violette hinausliegt. E. Becquerel fand überdies, daß, wenn man vom Indigo bis über das Rothe hinausgeht, es Strahlen gebe, welche die Phosphoreszenz vernichten und die noch nicht beobachtet worden waren: er hat auch bewiesen, daß das Phosphorenz erzeugende Spektrum die nämlichen Striche habe, wie die Spektren der andern Strahlungen.

Von der Zerstreuung.

Wenn man das Licht in Prismen von verschiedener Natur bricht, so findet man, daß die verschiedenen, obgleich in derselben Ordnung vorkommenden Farben, nicht die nämlichen proportionalen Längen einnehmen. Dieses Phänomen hängt mit den Größen der Brechungsindere, die jeder Farbe entsprechen, zusammen. Man nannte Zerstreuung die Differenz der Brechungsindexe des Violetten und des Rothen bei einem Prisma von derselben Substanz. Daher ist eine Substanz um so zerstreuender, je größer diese Differenz ist. Man nennt Zerstreuungsvermögen den Quotienten der Division von der Zerstreuung durch den mittleren Brechungsinder, den des gelben Strahls, der um die Einheit vermindert ist.

Von dem Achromatismus.

Wenn ein Büschel Sonnenstrahlen auf eine Linse fällt, so laufen die mannigfaltig gefärbten Strahlen wegen der Verschiedenheit der Brechbarkeit gegen verschiedene Punkte der Achse zusammen und bringen auf diese Weise farbige Brennpunkte hervor. Dieser Verbreitung von Farben in den von den Linsen erzeugten Bildern hat man den Namen Abweichung wegen der Brechbarkeit gegeben, die man mit Hülfe des Achromatismus verbessert; auf diese Weise sind Linsen achromatisch, wenn sie in ihrem Brennpunkte farblose Bilder geben.

Newton hatte die Zerstreuung nur in dem Falle des Uebergangs des Lichts von der Luft in das Glas und in das Wasser gemessen; und da in diesen beiden Fällen das Verhältniß der Brechbarkeit der äußersten Strahlen merklich das nämliche war, so hat er daraus geschlossen, daß dieses Verhältniß gleichfalls für alle Substanzen bestünde, und daß von nun an das Problem des Achromatismus unmöglich gelöst werden könne. Euler antwortete, daß dem nicht so sein könne, da ja die Krystallhaut achromatisch sei. Clairaut und d'Alembert beschäftigten sich gleichfalls mit der Frage. Im Jahre 1733 verfertigte Hall achromatische Fernröhre, ohne sein Verfahren bekannt zu machen, während Johann Dollond im Jahre 1757 die nämliche Entdeckung machte, die er öffentlich bekannt machte. Er verfertigte eine beinahe achromatische Linse aus einer biconveren Linse von Crownglas und einer biconcaven Linse aus Flintglas; bei dieser Einrichtung war der Achromatismus unvollkommen, weil die Anwendung von zwei Gläsern, welche nicht das nämliche Brechungsvermögen haben, bloß zwei von den Radien des Spektrums parallel macht. Wollte man ein vollkommen weißes Bild erhalten, so müßte man eine Linse haben, die aus sieben Gläsern mit verschiedenen Brechungs-

haben. Da aber die Abweichungen in der arkeit keine große Differenz zeigen, so folgt , daß, wenn man die Strahlen, die sich an der des Spektrums befinden, nach ihrem Heraus- parallel macht, die andern es auch sind. ici wollte Linsen verfertigen, welche aus meh- anderen übereinanderliegenden bestanden; er er nur nicht sehr deutliche Bilder erhalten. chon hat einen Apparat construirt, den er porameter nennt, welcher dazu dient, irgend isma dadurch achromatisch zu machen, daß er inkel bestimmt, den man einem andern Prisma muß, das einen anderen Brechungsinder hat n man mit dem ersten coincidiren läßt.

7. Vom Sehen.

wton behauptete zuerst, daß sich die Lichtstrahlen f den Grund des Auges begeben, indem sie lle Theile gehen, woraus dieses besteht, und Sehnerven vermittelst der Netzhaut eine Er- ung mittheilen, woraus die Empfindung des entsteht.

Descartes nahm, wie in der Undulationstheorie, ß der leuchtende Körper vermittelst des feinen toffs, welcher alle Körper durchdringt, die enden Bewegungen auf den Sehnerven fort- . Die Erklärung des Phänomens des Sehens also auf der vollkommenen Kenntniß von dem des Auges; dieser Bau ist aber dergestalt com- , daß es uns unmöglich ist, eine Analyse davon er historischen Notiz zu geben, noch, wenn auch edrängt, die physische Erscheinung des Sehens rtern; wir führen bloß an, daß es eine Folge n Gesetzen der Brechung, des Vermögens der und des Baues des Auges zu sein scheint. Strahlen, welche von den Körpern ausgehen, e durchsichtige Hornhaut fallen, so gehen sie

convergirend durch dieselbe; die Strahlen, welche zu schief sind, werden von der Iris, einer undurchsichtigen Haut, die von mannigfaltiger Farbe ist, hinter der durchsichtigen Hornhaut liegt und eine kleine kreisförmige Oeffnung, Pupille genannt, hat, die sich zusammenziehen und erweitern kann, zurückgeworfen. Die Strahlen, welche durch die Pupille gegangen sind, laufen aufs Neue zusammen, indem sie durch die Krystalllinse, einem linsenförmigen, festen, durchsichtigen und achromatischen Körper, gehen, welcher hinter der Pupille liegt und bilden ein verkehrtes Bild auf der Netzhaut, einer dünnen Haut, welche den Hintergrund des Auges überzieht und aus der Entfaltung des Sehnervens auf der Aderhaut, einer Haut, welche inwendig die undurchsichtige Hornhaut überzieht, gebildet ist. Diese verschiedenen Theile, oder die Räume, welche sie trennen, sind mit Flüssigkeiten angefüllt, welche eine wichtige Rolle in der Erscheinung des Sehens wegen ihres Brechungsvermögens spielen; zwischen der durchsichtigen Hornhaut und der Krystalllinse befindet sich die wässerige Feuchtigkeit; der Raum, welcher zwischen der Krystalllinse und dem Hintergrunde des Auges liegt, ist mit der glasartigen Feuchtigkeit erfüllt.

Das Licht erleidet bei seinem Durchgange durch das Auge eine solche Kraft, daß es die äußeren Gegenstände auf der Netzhaut abbildet, ohne daß sie von verschiedenfarbigen Ringen umgeben sind, noch daß die Deutlichkeit der Bilder von der Entfernung der Gegenstände abhänge. Wir können aber noch nicht alle diese wunderbaren Erscheinungen erklären, denn dazu müßten wir die Brechungsindere, die Zerstreuungskräfte und die Krümmungen aller Stoffe, welche das Licht von seinem Eingang in das Auge an bis zu der Netzhaut, welche die Empfindung desselben vermittelst des Sehnervens dem Gehirne mittheilt, vollkommen kennen.

Eine Menge von Fragen über das Sehen, wovon einige nur durch Hypothesen gelöst werden konnten, haben die Physiker sehr beschäftigt; wir erwähnen hier nur der vorzüglichsten.

Wie verträgt sich das Auge mit den Entfernungen?

Wie beurtheilt man die Farbe, die Gestalt, die Lage und die Größe der Gegenstände?

Warum sieht man mit den beiden Augen nur einen Gegenstand?

Endlich hat es der Mechanismus des Auges möglich gemacht, gewisse Zufälle des Gesichtes zu erklären, z. B. den Presbytismus oder die Weitsichtigkeit und den Myopismus oder die Kurzsichtigkeit; sowie auch jene andere Erscheinung, bei welcher man nur die Hälfte der Gegenstände sieht.

8. Von den optischen Instrumenten.

Die Eigenschaften der Linsen sind zur Verfertigung einer Menge optischer Instrumente, welche der Astronomie, den naturhistorischen Wissenschaften, der Physik und den Künsten wichtige Dienste leisten, wie Mikroskope, Fernröhre u. s. w. benützt werden.

Von den Mikroskopen.

Die Mikroskope sind einfach oder zusammengesetzt. Die einfachen Mikroskope sind Loupen oder convere, gehörig gefaßte Linsen, die zur Vergrößerung der Gegenstände dienen; dieses Instrument ist seit langer Zeit bekannt.

Das zusammengesetzte Mikroskop besteht wenigstens aus zwei converen Linsen, wovon die eine, welche als Objektivglas dient, eine sehr kurze Brennweite, und die andere, welche als Okularglas dient, eine längere Brennweite besitzt. Die Gegenstände, welche dem Versuche unterworfen werden, werden

etwas über der Hauptbrennweite des Objektivglases angebracht. Die wirklichen und vergrößerten Bilder werden hinter diesem letzteren durch das Okularglas, das die Dienste einer Loupe versieht, betrachtet. Dieses Mikroskop ist dioptrisch, katoptrisch oder katadioptrisch, je nachdem die Vergrößerungen durch Brechung, Reflexion oder durch Reflexion und Brechung mit einander hervorgebracht werden; das erstere ist das gewöhnliche.

Man kann die Zeit der Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops nicht genau angeben; man weiß bloß, daß Galilei im Jahre 1612 eines an Sigismund, König von Polen, schickte, und daß Drebbel im Jahre 1619 mit einem ähnlichen Apparate in London experimentirte. Seit dieser Zeit hat man nicht aufgehört, es dadurch zu vervollkommnen, daß man entweder den Linsen eine größere Regelmäßigkeit gab, oder daß man die Gegenstände erhellte und besser stellte, oder statt der senkrechten Stellung, welche für den Beobachter unbequem war, dem Instrumente eine horizontale Lage gab. Amici, welcher der Erfinder der letzten Vervollkommnung ist, hat einen Spiegel mit einer Neigung von 45 Graden auf der Achse angebracht, welcher die Gegenstände in einem horizontalen Mikroskope reflektirt; aber die Anwendung der achromatischen Linsen in dem Mikroskope eröffnete eine neue Aere für dieses Instrument, weil man die Gegenstände, welche man untersuchen will, deutlich und ohne Farbe sehen kann. Charles, Dr. Brewster, Frauenhoffer, Selligues, Vincent und Ch. Chevalier haben ihrerseits zur Verfertigung achromatischer Linsen zu Objektivgläsern beigetragen. Die heutzutage allgemein angenommenen Linsen sind die von Amici; jede derselben besteht aus drei achromatischen Linsen von 13m,535 Brennweite; man bedient sich zu gleicher Zeit eines achromatischen Okulares.

Die absoluten Dimensionen der Körper, werden

mit Hülfe des Mikrometers gemessen, ein Instrument, das aus einer Glasplatte besteht, auf welcher ein Millimeter in 100, 200 und 300 Theile eingetheilt ist. Legt man den Körper auf die Platte, so daß man zu gleicher Zeit den Gegenstand und die Eintheilung sehen kann, so ist es leicht, die gesuchten Dimensionen zu bestimmen.

Das Sonnenmikroskop, mit welchem man die stärkste Vergrößerung erhält, ist im Jahre 1745 von Doctor Lieberkühn erfunden worden. Der durchsichtige Gegenstand, den man untersuchen will, wird sehr nahe über den Brennpunkt einer Objektivlinse hinaus und in den Brennpunkt einer andern Linse gebracht, auf welche ein Planspiegel parallel mit ihrer Axe die Sonnenstrahlen wirft. Der sehr stark erhellte Gegenstand wirft sein Bild auf eine weiße Tafel in einem dunkeln Zimmer. Dieser Apparat ist in einigen Forschungen der Physik und der Anatomie von Nutzen.

Von den Fernröhren.

Die Erfindung der Fernröhren schreibt sich, wie man sagt, von dem Ende des 13. Jahrhunderts her. Die Einen schreiben sie dem Roger Baco, die Andern einem Florentiner Namens Salvino degli Armati, der im Jahr 1317 starb, oder dem Alessandro di Spina, der im Jahre 1313 starb, sodann dem Johann Baptist Porta zu: so viel man aus der folgenden Stelle in seiner natürlichen Magie, welche im Jahr 1549 gedruckt wurde, ersehen kann:

„Wofern ihr nur die Art und Weise wißt, die „beiden Gläser, entweder das convere oder das con„cave zu verbinden, so werdet ihr gleichfalls die „nahen und entfernten Gegenstände größer und so„gar deutlicher sehen als sie von Natur erscheinen."

Doch sah Jakob Metius, der Sohn eines Profes-

sionisten von Alkmar, indem er zwei Gläser, ein concaves und ein converes, verband, die entfernten Gegenstände größer und deutlicher. Diese Entdeckung verbreitete sich schnell und Galilei verfertigte, wie wir bereits gesagt haben, ein sehr langes Fernrohr aus zwei Gläsern, womit er die Trabanten des Jupiters, die Sonnenflecken erkennen konnte (Nuncius sidereus, 1610).

Descartes kam auf den Gedanken, ein converes Glas zum Okularglase zu nehmen, er machte aber keinen Gebrauch davon; Kepler bediente sich desselben zuerst. Dieses Fernrohr wurde von ihm in seiner Dioptrik im Jahre 1611 beschrieben; es scheint aber, daß es erst 20 oder 30 Jahre nachher von dem P. Scheiner angewandt wurde (Rosa ursina, 1650).

Im Jahre 1659 brachte Huygbens einen Mikrometer im Brennpunkt des Objektives an, womit er den Diameter der Planeten maß.

Die Fernröhre mit zwei converen Gläsern zeigten die Gegenstände verkehrt; um sie in ihrer natürlichen Lage zu sehen, erfand man das Erdfernrohr, das aus vier converen Gläsern besteht.

Um diese Zeit kannte man noch nicht die achromatischen Gläser, um die Abweichung der Brechbarkeit, welche Farben um die Körper hervorbrachten, zu verbessern. Newton ersetzte diese durch das Teleskop. Bei diesem Instrumente werden die Gegenstände auf einen Hohlspiegel reflektirt und die Strahlen werden auf einem kleinen Planspiegel, der in einem Winkel von 45 Graden auf der Axe steht, aufgefangen, so daß die Strahlen, welche senkrecht mit der Axe herausfahren, vermittelst einer biconveren Linse aufgefangen wurden. Da dieses Teleskop für die Beobachtung Schwierigkeiten zeigte, so brachten Gregory und Cassegrain eine bedeutende Verbesserung an demselben an. Im Jahre 1663 ersetzte der Erste

den kleinen Planspiegel durch einen andern kleinen Hohlspiegel, brachte sodann das Okular in einer Oeffnung an, die sich in dem Mittelpunkte des großen Hohlspiegels befand: mit diesem Teleskope konnte man, wie mit den Fernröhren beobachten. Cassegrain ersetzte den kleinen Hohlspiegel durch einen kleinen converen Spiegel, der so angebracht war, daß er die Strahlen auffing, bevor sie das wirkliche Bild des Objektes gebildet hatten. Auf diese Weise wurden die Strahlen nicht bloß reflektirt, sondern ihre Convergenz wurde vermindert und das wirkliche und verkehrte Bild zeigte sich an dem nämlichen Orte, wie das zweite Bild in dem Teleskope des Gregory; da wurde es von dem Okularglase aufgefangen.

Die Entdeckung achromatischer Okular- und Objektivgläser machte, daß man bei den astronomischen Beobachtungen auf die Teleskope verzichtete und die Fernröhre vorzog. Campani und Ramsden machten achromatische Okulare, indem sie das biconvere Okular durch zwei von einander getrennte planconvere Linsen ersetzten; bei dem Okular des Campani laufen die beiden Krümmungen nach verkehrter Richtung, bei der des Ramsden haben sie die nämliche Richtung.

Alle Bemühungen der Optiker gehen dahin, vortreffliche Objektive zu erhalten; denn ist einmal das erste Bild ganz achromatisch, deutlich und lebhaft erhellt, so findet man keine Schwierigkeit, um Okulare zu verfertigen, welche dieses Bild vergrößern und wieder aufrichten. Um eine tausendfache Vergrößerung zu erhalten, müßte man ein achromatisches Objektiv von mehr als einem Fuße Oeffnung haben, was in der Verfertigung große Schwierigkeiten zeigt. Indessen verdankt bereits die Astronomie Cauchois und Lerebours Objektive von einer großen Dimension.

Das Megaskop, das gegen das Jahr 1780 von Charles erfunden wurde, ist dazu bestimmt, reduzirte oder vergrößerte Bilder eines Gemäldes oder

eines Basrelief darzustellen, es wird wie das Sonnenmikroskop erhellt und der Grund seiner Verfertigung ist der nämliche, wie bei dem, das der P. Kircher erfand. Die Zauberlaterne ist nichts anders als ein tragbares Megaskop, in welchem die durchsichtigen Objekte durch ein künstliches Licht erleuchtet werden. Die Phantasmagorie ist abermals das Megaskop, in welchem man die Entfernungen des Gegenstandes und des Gemäldes in der convergirenden Linse abwechseln läßt, so daß man die Größe des Bildes verändert, welches anfangs sehr klein, nach und nach größer wird.

Die helle Kammer oder Camera lucida ist von Wollaston erfunden worden, um das Bild eines Gegenstandes oder einer Landschaft zu zeichnen, sie besteht aus einem vierseitigen gläsernen Prisma, wovon einer der körperlichen Winkel ein rechter die beiden anliegenden kleiner und der gegenüberstehende größer ist. Amici hat mannigfaltige Verbesserungen daran angebracht, damit das Auge, das zu gleicher Zeit in das Prisma und auf das Papier sehen muß, in einer festen Stellung bleibe.

Im Jahre 1650 bemerkte Johann Baptist Porta zuerst die Wirkungen der dunklen Kammer, welche viele Jahre hindurch nur dazu diente, Landschaften zu zeichnen und einige optische Versuche anzustellen; in unsern Tagen hat sie in Folge der Entdeckung Niepce und Daguerre eine wichtige Anwendung erhalten. In ihrer einfachsten Einrichtung besteht die dunkle Kammer aus einem convergirenden Glase, das in der Oeffnung des Ladens eines ganz verschlossenen Zimmers befestigt ist. Wenn die Strahlen, welche von den äußern Gegenständen ausströmen, durch die Linse kommen, so stellen sie diese Gegenstände auf einem gehörig angebrachten Blatte Papier verkehrt *dar; um* sie wieder aufzurichten und sie dem Auge *nahe zu* bringen, so bringt man außen und vor der

Linse einen verzinnten Spiegel auf eine geschickte Weise an. Die Erscheinungen der dunklen Kammer dienen dazu, einen Begriff von der Art und Weise zu geben, wie sich das Bild der äußeren Gegenstände auf der Netzhaut darstellt.

9. Von der Beugung und der Interferenz des Lichtes.

Wenn man in einer dunklen Kammer einen Büschel Sonnenlicht, der horizontal reflektirt ist, auffängt, nachdem man ihn durch eine Linse mit kurzer Brennweite, die in der Oeffnung des Ladens angebracht ist, hat gehen lassen, wenn man in einiger Entfernung von dieser Brennweite einen Schirm aufstellt, um einen Theil des Lichtkegels aufzufangen, und man den andern auf einem Spiegel auffängt, welcher hinten etwas matt gemacht ist, so sieht man, daß die Spur des geometrischen Schattens nicht wirklich die Trennung des Schattens und des Lichtes ist. Von Seite des Schirmes wird der Spiegel mit einem sehr merklichen Schimmer erhellt, der bis auf eine ziemlich große Entfernung beständig abnimmt, während man auf der andern Seite abwechslungsweise dunkle und helle Fransen bemerkt. Diese Erscheinung wird auch mit allen Farben des Spektrums hervorgebracht, jedoch aber mit dieser Eigenheit, daß die dunkeln und hellen Fransen, wenn sie von den rothen Strahlen in die violetten übergehen, stufenweise an Breite abnehmen und demnach immer gedrängter werden.

Grimaldi beobachtete zuerst die Fransen, welche von weißem Lichte hervorgebracht wurden. Sie wurden von verschiedenen Physikern studirt; aber Fresnel hat zuerst mit einer sehr großen Genauigkeit ihre gegenseitige Entfernung gemessen. Diese Erscheinung, welche unter dem Namen der Beugung bekannt ist wird ferner mit dem Sonnenlichte, das nicht in de

Brennpunkte einer Linse concentrirt ist und mit dem Lichte der Sterne hervorgebracht.

Man hat nach der Reihe die Fransen untersucht, welche von schmalen und geradlinigten Körpern von engen Oeffnungen, von den Rändern reflektirender Oberflächen hervorgebracht wurden. Newton versuchte sie durch die Annahme zu erklären, daß die Lichtmoleküle, wenn sie nahe an den Rändern eines Körpers vorbeistreifen, durch die Repulsionskraft abgelenkt würden, und daß diejenigen, die sich denselben am meisten näherten, stärker abgelenkt würden, so daß sich Reihen von Brennlinien bilden, welche, wenn sie von einer Ebene geschnitten werden, die beobachteten Fransen erzeugten. Diese Angabe erklärte zwar wohl die äußeren Fransen, aber nicht die inneren; dies war einer von den Einwürfen, welche man dem Emanationssysteme machte.

Young erklärte die Erscheinung nach dem Undulationssysteme durch die Annahme, daß die Seitentheile des Schirmes ebenso viele leuchtende Punkte seien, welche das Licht, das auf sie fällt, nach allen Richtungen reflektirten, daß es unter allen diesen Strahlen einige gebe, welche interferirten und die inneren und äußeren Fransen hervorbrächten; er stellte gegen das Jahr 1801 ein Gesetz auf, das durch seine Einfachheit und den Umfang seiner Anwendungen merkwürdig ist. Die Betrachtungen, welche ihn bei diesen Forschungen leiteten, sind folgende:

Die Schwingungen zweier Schalle, welche zu gleicher Zeit in das Ohr gelangen bringen den Eindruck des Schalles oder der Stille hervor, je nachdem sie in der nämlichen Richtung gehen oder in ihren Wirkungen einander entgegengesetzt sind. Th. Young kam auf den Gedanken, daß es sich wohl ebenso verhalten könnte, wenn das Licht wie der Schall das *Resultat einer* schwingenden Bewegung wäre; er *bestätigte durch* den Versuch folgenden Grundsatz:

„Wenn zwei Strahlen, welche von dem nämlichen Körper in dem nämlichen Augenblicke ausgehen, auf verschiedenen Wegen zu demselben Punkte gelangen, so muß der eine die Wirkungen, welche der andere hervorbringt, ganz oder theilweise verstärken oder vernichten, je nachdem der Weg, den sie durchlaufen haben, mehr oder minder lang ist.“ Er leitete daraus den Schluß ab, daß sie in gewissen Umständen dadurch, daß sie sich übereinander legen, Wirkungen hervorbringen, die sich verstärken oder sich dergestalt vernichten, daß sie Dunkelheit erzeugen und das hervorbringen, was man eine Interferenz nennt: man sagt zwei Strahlen interferiren, wenn sie auf einander wirken. Nachdem Fresnel mit seinem Mikrometer das genaue Maß der Fransen genommen hatte, so fand er, daß eine Differenz zwischen den beobachteten Längen und den Längen stattfinde, welche aus Youngs Erklärung abgeleitet wurde, und gab eine vollständige Theorie der Beugungserscheinungen nach dem Undulationssysteme, indem er sich auf Thatsachen stützte, welche er entdeckt hatte. Er ging zu dem Ende von dem Grundprincipe Huyghens aus, daß nämlich die Schwingungen einer Lichtwelle in jedem ihrer Punkte als die Quellen der Elementarbewegungen angesehen werden könnten, welche in dem nämlichen Augenblicke alle Theile dieser, in irgend einer ihrer früheren Lagen betrachteten Welle, wenn sie einzeln wirken, dahin absenden würden.

Die Interferenzen machen es möglich, die Erscheinungen zu erklären, welche bei dem Kreuzen aller Strahlen stattfinden, welche irgend eine Gegend des Raumes erhellen, Strahlen, welche nicht bloß von dem unmittelbaren Licht, sondern auch von dem mehr oder weniger schief reflektirten oder gebrochenen Lichte herkommen. Wir wollen über die Principien, welche der Theorie der Interferenzen zur Grundlage dienten, etwas ausführlicher sprechen.

Grimaldi hatte den Satz aufgestellt: „Ein von Natur leuchtender Körper kann dunkler werden, wenn man ein neues Licht zu dem hinzuthut, das er bereits hat.“ Bei dem Versuche, den er anstellte, um diese Behauptung augenscheinlich zu machen, bemerkte er, daß, wenn Licht zu Licht gethan, Dunkelheit hervorbringt, wenn man einen Theil des erhellenden Lichtes hinwegnimmt, die dunkle Oberfläche hell werde.

Als Arago die Modifikationen untersuchte, welche die durchsichtigen Schirme die Fransen erleiden lassen, so wurde er auf die Annahme gebracht, daß die Fransen durch die Mitwirkung der Strahlen hervorgebracht werden, welche von zwei gegenüberstehenden Rändern herkommen, daß die gegenseitige Wirkung der Strahlen nicht bloß von einer besonderen Modifikation herrühre, die sie an den Gränzen des Körpers, den sie auf ihrem Wege streifen, erleiden, sondern auch noch von den verschiedenen Medien, durch die sie von ihrer Quelle an bis zu dem Punkte, wo sie sich begegnen, gegangen sind.

Fresnel hat durch den Versuch die Wahrheit begründet, daß zwei Lichtstrahlen, welche von einer und derselben Quelle herrühren und sich unter einer geringen Schiefe begegnen, eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, so daß sie sich entweder ganz vernichten, oder sich mit einander vereinen und ein stärkeres Licht hervorbringen können. Ein Versuch Arago's, welcher beweist, daß sich das Licht in dem Glase langsamer als in der Luft bewege, unterstützt die Undulationstheorie; denn diese Thatsache steht mit der natürlichen Theorie der Brechung in dem Emanationssysteme in Widerspruch.

Man sieht also, daß eine Thatsache, auf welche das Princip der Interferenzen, welche anfänglich von Grimaldi vermuthet, sodann von Th. Young angenommen und zum Grundsatze erhoben wurde, der Undulationstheorie, an welche sich der Name Fres

nel, wegen seiner schönen Entdeckungen für immer knüpft, zu einer festen Grundlage gedient hat. Die Interferenzen allein reichten nicht hin, um alle Erscheinungen der Beugung zu erklären; sie haben bewiesen, daß die Hauptsache mit dem Emanationssysteme unvereinbar und im Gegentheile eine unmittelbare Folge des Undulationssystems sei. Wirklich zerstören sich auch nach diesem Systeme, wenn zwei Radien coincidiren, die Geschwindigkeiten in jedem Augenblicke durch das Aufeinanderlegen dieser Strahlen, wovon alle Punkte in Ruhe bleiben müssen, woraus Dunkelheit entspringt. Der nämliche Fall tritt ein, wenn der eine von den Strahlen in irgend einer ungerade Zahl von Halbundulationen voraus oder zurück ist, oder wenn sich die Strahlen unter einer kleinen Schiefe begegnen; auf der andern Seite hat man vorher gesehen, und die Sache ist von Wichtigkeit, daß sich das Licht in dem Glase langsamer, als in der Luft bewege; diese Erscheinung paßt in die Undulationstheorie: denn man beweist, daß in den durchsichtigen und festen Substanzen die Undulationen kürzer, als in der Luft sind, und daß die Undulationslängen dem Verhältnisse des Incidenz- und Brechungssinus proportional sind, d. h. daß der Brechungsinder das Verhältniß der Undulationslänge angebe.

Man hat nach der Reihe der Undulationstheorie die äußeren Fransen, welche der Stand eines Schirmes hervorbringt, die Fransen, welche kleine Oeffnungen hervorbringen, ferner diejenigen, welche durch die Reflexion auf sehr schmalen polirten und auf unregelmäßig gestreiften Flächen hervorgebracht werden und endlich die Fransen und Spektren, welche Netze hervorbringen, angepaßt. Frauenhoffer hat diese letztere Erscheinung an folgendem Umstande beobachtet: wenn man auf eine gläserne Platte, auf welcher man mit dem Diamant sehr enge Parallellinien gezogen hat, in einem dunkeln Zimmer durch eine sehr

schmale Spalte einen Sonnenlichtstrahl fallen
und man das Licht auf einem Schirme auffäng
bemerkt man mit einem Fernrohre folgende E
nungen: 1) das Bild der Spalte erscheint i
Mitte von einem weißen Lichte mit sehr scharfen
dern erhellt und auf jeder Seite ist das Au
symmetrisch; 2) auf jeder Seite von dem Bild
Spalte ist vollkommene Dunkelheit, sodann n
ein glänzendes Spektrum mit dem Violetten i
dig und dem Rothen außen; sodann kommt ein
ler Raum; 3) darüber hinaus kommen nach ein
Spektren von verschiedenen Intensitäten; 4) die
von diesen Spektren, welche hinlänglich ausgeb
und hinlänglich glänzend sind, zeigen die nam
schwarzen Striche, wie das unmittelbare So
spektrum. Frauenhoffer beobachtete die Erfahr
gesetze dieser Erscheinung und Babinet hat ihr
klärung auf die Undulationstheorie gegründet.
Young hat aus der Erscheinung der Netze Be
gezogen, um ein Instrument zu verfertigen, das
Eriometer nennt, mit welchem man die Dick
feiner Fasern von verschiedenen Substanzen
Durchmesser der Blutkügelchen, der Milchkug
u. s. w. unter einander vergleicht.

Von den farbigen Ringen, welche die
nen und die dicken Lamellen zeigen

Die zu dünnen Platten reduzirten durchsich
Körper zeigen sich uns unter den lebhaftesten Fa
wie die Kugeln des an der Lampe geblasenen
ses, die Seifenblasen, die Glimmerlamellen Bei
davon sind; die Luft, die Dämpfe und die
bringen ähnliche Erscheinungen hervor, welche
ersten Mal von Newton untersucht worden sind.
Versuch, welcher ihm zum Wegweiser diente,
an einer Luftschichte angestellt, die zwischen
ebenen Glasplatte und einer convexen Linse

die Luftschichte war von einer veränderlichen Dicke, welche von 0 bis zu der größten Entfernung der beiden Gläser ging. Als er in diesen Punkt einen Büschel Lichtstrahlen durch Reflexion gelangen ließ, so sah er rings herum eine Reihe von Lichtringen, welche die Farben des Spektrums hatten; bei dem Durchgange waren die Ringe aus den complementären Farben gebildet; jedesmal wenn der Büschel von gleichartigem Lichte war, so waren die Ringe abwechselnd dunkel und von der Farbe des Lichts. Bei den verschiedenen Farben, waren die Ringe von derselben Ordnung um so breiter, je weniger brechbar die Farben waren, welche sie bildeten. Newton bestimmte die Gesetze der den Ringen entsprechenden Breiten und fand, daß sich die Breiten, welche den glänzenden Ringen der Strahlen der farbigen Substanz, welche durch Reflexion gesehen werden, entsprechen, unter sich wie die Reihe 1, 3, 5, 7 u. s. w. verhalten, während die Breiten, welche den dunkeln Ringen entsprechen, sich wie die Zahlen 2, 4, 6 u. s. w. verhalten; er entdeckte auch das Gesetz der Abwechslungen der Breite, indem er statt der Luft andere Gase nahm und fand, daß die Breite, welche einem und demselben Ringe in verschiedenen Mitteln entspreche, in umgekehrtem Verhältnisse zu den Brechungsinderen der Mittel stehe. Er bestimmte auch die Verschiedenheiten in der Breite der Ringe nach der Neigung des einfallenden Strahls.

Um diese verschiedenen Phänomene zu erklären, erfand Newton die Theorie der Anwandlungen der leichten Reflexion und des leichten Durchgangs. Er verstand unter Anwandlungen leichter Reflexion die Anlagen eines und desselben Strahls von verschiedenen Dicken einer und derselben Lufttlamelle oder irgend einer anderen Substanz reflektirt zu werden, und unter Anwandlung von leichter Fortpflanzung die Anlage eines Strahls, durch die da-

zwischenliegenden Dicken durchgelassen zu werden. Der erste Fall fand jedesmal Statt, wenn der Strahl auf eine Lamelle von irgend einer Substanz fiel, deren Dicke eines von den Gliedern der Reihe 1, 3, 5, 7 u. s. w. war, indem er zur Einheit die kleinste Dicke annahm, welche fähig ist, einen Strahl zu reflektiren; der zweite Fall fand Statt, wenn die Dicke der Lamelle, welche ihn auffing, eines von den Gliedern der Reihe 2, 4, 6, 8 u. s. w. war. Vermittelst dieses Grundsatzes fand Newton die Dicke der dünnen Lamellen, welche das Phänomen der farbigen Ringe erzeugen. Newton hat auch die Farben untersucht, welche von den dicken Platten hervorgebracht werden. Um sie zu erzeugen, brachte er durch eine Oeffnung von 4 bis 5 Millimeter im Durchmesser einen Sonnenstrahl in ein dunkles Zimmer, und ließ ihn auf einen Hohlspiegel von verzinntem Glase so fallen, daß er ihn genau in der Richtung des Einfallens zurückwarf; er unterschied alsdann um die Oeffnung herum auf einer zu diesem Ende angebrachten Pappe eine Reihe sehr glänzender Ringe. War das einfallende Licht einfach, so waren die Ringe abwechselnd dunkel und von der Farbe des Strahls; er zählte 12 bis 15 dieser Abwechslungen; bei dem weißen Lichte fand er alle Schattirungen der Ringe wieder, welche von den dünnen Lamellen hervorgebracht werden und erkannte, daß diese Ringe die größte Intensität besitzen, wenn das von der Oeffnung reflektirte Bild auf die Oeffnung selbst fällt und ihr an Größe gleich ist. Newton, welcher diese Versuche mit Spiegeln von verschiedenen Radien oder von verschiedenen Dicken angestellt und mit einer großen Genauigkeit die Diameter der verschiedenen Ringe gemessen hat, stellte folgende Gesetze auf:

1) Bei irgend einem gleichartigen Lichte richten *sich die* Quadrate der Diameter in Beziehung auf *die leuchtenden* Ringe nach der Reihe der geraden

Zahlen 0 2, 4, 6 u. s. w. und in Beziehung auf die dunklen Ringe nach der Reihe der Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. 2) Mit einem und demselben Spiegel, der in derselben Entfernung aufgestellt ist, nehmen die Durchmesser der Ringe von derselben Ordnung in den verschiedenen Farben von dem rothen bis zum violetten ab und ihre Verhältnisse sind die nämlichen, wie bei den Ringen, welche in den dünnen Lamellen gebildet werden. 3) Die Durchmesser der Ringe von gleicher Farbe und gleicher Ordnung, welche mit Spiegeln von gleichem Radius und von verschiedener Dicke gebildet werden, sind den Quadratwurzeln der Spiegeldicken gegenseitig proportional.

Wir wollen mit Stillschweigen verschiedene Phänomene derselben Art, welche von dem Herzog von Chaulnes und von einigen andern Physikern beobachtet wurden, übergehen. Indem wir uns an die allgemeine Thatsache halten, wovon Newton in der Theorie der Anwandlungen eine Erklärung gegeben hat.

In dem Undulationssysteme gab Fresnel eine unmittelbare Erklärung von den farbigen Ringen, indem er sich auf die Principien stützte, die sich auf die Richtung der Bewegung in den reflektirten Wellen beziehen; eine Erklärung, welche wir um so lieber wörtlich geben, als sie einige von den metaphysischen Ansichten enthalten, welche der Undulationstheorie zur Grundlage dienen.

„Wenn sich irgend eine Erschütterung in einem elastischen Medium und von gleichförmiger Dichtheit fortpflanzt, so kehrt sie nie zurück und indem sie sich neuen Schnitten mittheilt, läßt sie die vorhergehenden in vollkommener Ruhe. So theilt eine elfenbeinerne Kugel, welche eine andere von gleicher Masse anstößt, dieser ihre ganze Bewegung mit und bleibt nach dem Stoße in Ruhe. Hat die zweite Kugel mehr Masse als die erstere, so führt sie die neue *Geschwindigkeit*, welche diese erhält, nach einer

ihrer anfänglichen Bewegung entgegengesetzten Richtung; hat die zweite Kugel weniger Masse als die erste, so setzt sie ihre Bewegung in der nämlichen Richtung fort; auf diese Weise haben die neuen Geschwindigkeiten der ersten Kugel nach dem Stoße in den beiden Fällen entgegengesetzte Zeichen. Dies kann dazu dienen, begreiflich zu machen, was vorgehe, wenn eine Welle an die Berührungsfläche von zwei elastischen Medien von verschiedener Dichtheit gelangt: die unendlich dünne Schnitte des ersten Mittels, welche an die zweite anstößt und welche wir mit der ersten Kugel vergleichen können, bleibt wegen der Verschiedenheit ihrer Masse, nachdem sie die anstoßenden Schnitte des zweiten Mittels in Bewegung gesetzt hat, nicht in Ruhe, und es findet Reflexion Statt; aber die neue Geschwindigkeit, welche die Schnitte des ersten Mediums nach dem Stoße erhalten hat und welche sich nach der Reihe den vorhergehenden Schnitten des nämlichen Mediums mittheilt, muß ihr Zeichen verändern, je nachdem die Schnitte des zweiten Mittels mehr oder weniger Masse als die des ersten hat, d. h. je nachdem dieses mehr oder weniger dicht als das erste ist. Dieses wichtige Princip, welches Young durch die so eben angegebenen Betrachtungen entdeckte, erhellt gleichfalls aus den Formeln, welche Poisson aus einer wissenschaftlichen und strengen Analyse ableitete. Auf die Reflexion des Lichtes angewandt, lehrt es uns, daß, je nachdem eine Lichtwelle innerhalb oder außerhalb des dichteren Mittels reflektirt wird, die Geschwindigkeit der Schwingung positiv oder negativ ist, auf diese Weise werden also alle entsprechende schwingende Bewegungen in den beiden Fällen entgegengesetzte Zeichen erhalten.

„Dies vorausgesetzt, wollen wir zu den Erscheinungen der farbigen Ringe zurückkehren, und zu Vereinfachung der Schlüsse voraussetzen, daß man

eflektirte Licht unter dem senkrechten Einfallen
wenigstens in einer Richtung beobachte, die sich
benig von demselben entfernt; wir wollen eines
en Wellensystemen betrachten, welche von dem
enden Gegenstande auf die erste Oberfläche der
melle gesandt werden, d. h. auf die zweite
läche des obern Glases; was wir von diesem
nsysteme sagen werden, läßt sich auf alle an-
nwenden. In dem Augenblicke, wo es an die
ungsfläche des Glases und der Luft ankommt,
et es eine theilweise Reflexion, welche die In-
it des in die Luftlamelle übergegangenen Lich-
etwas schwächt und in dem Inneren des ersten
s ein anderes Wellensystem hervorbringt, dessen
sität, wie man weiß, weit geringer als die
rchgegangenen Lichtes ist, so daß dieses, welches
jene erste Reflexion nur sehr wenig geschwächt
bei seiner Ankunft an der zweiten Fläche der Luft-
le ein zweites System reflektirter Wellen und
iner Intensität hervorbringt, die beinahe der
sität der Wellen gleich ist, welche von der er-
Reflexion herrühren; darum bringt auch ihre
ferenz so lebhafte Farben in dem weißen Lichte
länzenden und so deutliche, glänzende und dunkle
in einem homogenen Lichte hervor. Da die bei-
lächen der Luftlamelle ganz parallel in der Nähe
Berührungspunktes sind, wo sich die farbigen
bilden, so schlagen die beiden Wellensysteme den
chen Weg ein; dasjenige aber, welches an der
n Fläche reflektirt wurde, wird in Beziehung
is andere, und zwar um eine gleiche oder doppelte
der Dicke der Luftlamelle, durch die es gegangen
erzögert sein. Man muß überdies bemerken,
wischen ihnen noch eine andere Verschiedenheit
det, daß nämlich das erste innerhalb
Glases oder des dichteren Mediums reflektirt
während dies bei dem andern außerhalb des

untern Glases stattfand, woraus nach dem hier oben aufgestellten Principe ein Widerstand in den schwingenden Bewegungen hervorgeht. Wenn also wegen der Verschiedenheit der durchlaufenen Räume die beiden Wellensysteme übereinstimmend sein, d. h. alle ihre schwingenden Bewegungen nach der nämlichen Richtung vornehmen sollten, so schließen wir daraus, daß sie durchaus nicht miteinander übereinstimmen und umgekehrt, wenn die Verschiedenheit der durchlaufenen Wege eine vollkommene Nichtübereinstimmung anzeigt, so schließen wir daraus, daß ihre schwingenden Bewegungen vollkommen miteinander übereinstimmen. Dies vorausgesetzt, ist es leicht, die Lage der dunklen und hellen Ringe zu bestimmen.

„Zuerst müßte der Berührungspunkt, wo die Dicke der Luftlamelle 0 ist, da er keine Verschiedenheit im Gange zwischen den beiden Wellensystemen hervorbringt, eine vollkommene Uebereinstimmung unter ihren Schwingungen begründen, daher werden, weil man wegen des entgegengesetzten Zeichens, das Widerspiel annehmen muß, ihre Schwingungen in vollkommener Nichtübereinstimmung sein und der Berührungspunkt oder Reflexionspunkt wird einen schwarzen Flecken zeigen. Jemehr man sich von demselben entfernt, nimmt die Dicke der Luftlamelle zu. Wir wollen bei dem Punkte stehen bleiben, wo ihre Dicke einer Viertelsundulation gleich ist; die Differenz der durchlaufenen Wege wird eine halbe Undulation betragen, welche einer vollkommenen Nichtübereinstimmung entspricht und demnach wird eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen den beiden Wellensystemen stattfinden; dies wird also der hellste Punkt im ersten glänzenden Ringe sein. Beträgt die Dicke der Luftlamelle die Hälfte einer Undulation, so ist die Differenz der durchlaufenen Wege einer Undulation gleich, welche der vollkommenen Uebereinstimmung entspricht, und es

„Wir haben bis jetzt nur die Ringe betrachtet, welche ein einfaches Licht hervorbringt; es ist aber leicht daraus zu schließen, was bei dem weißen Lichte der Fall sein müsse und zwar durch Schlüsse, welche denjenigen ähnlich sind, die wir bereits schon vorher in Beziehung auf die Fransen in dem Versuche mit den beiden Spiegeln angestellt haben; man kann übrigens die Analyse des Phänomens, welche mit der größten Ausführlichkeit vorgetragen ist, in der Optik Newtons finden, welcher zuerst bewiesen hat, daß die von dem weißen Lichte hervorgebrachte Erscheinung immer aus der Vereinigung der verschiedenen Wirkungen der farbigen Strahlen entstehe, woraus es besteht."

Newton entdeckte und beobachtete die Farben, welche von den dicken Lamellen hervorgebracht wurden, indem er auf einen Hohlspiegel von verzinntem Glase einen Sonnenstrahl so fallen ließ, daß ihn der Spiegel in der nämlichen Richtung wieder zurücksendet; man bemerkt um die Oeffnung herum auf einer zu diesem Ende hergerichteten weißen Pappe eine Reihe farbiger glänzender Ringe. Ist die einfallende Farbe einfach, so sind die Ringe abwechselnd dunkel und von dieser Farbe; man zählt deren oft 120, ja sogar 150. Mit dem weißen Lichte zeigen die Ringe die Farben der Ringe, welche von den dünnen Lamellen gebildet werden. Der Herzog von Chaulnes und Herschel haben bemerkt, daß die Ringe um so glänzender waren, wenn der Spiegel matt oder mit einer leichten Staubschichte bedeckt war. Newton hat in seiner Theorie von den Anwandlungen eine Erklärung der Erscheinung gegeben, die nur eine natürliche Folge von dem Undulationssysteme ist. Wir übergehen mit Stillschweigen andere Färbungsphänomene, welche von den Interferenzen abhängen, weil wir nur die Absicht haben, die allgemeinen Thatsachen zu berichten.

schwindigkeiten der Fortpflanzung oder den Undulationslängen des Lichtes in den beiden Mitteln proportional sein müssen.

„Nachdem Young die Bildung der Ringe, welche durch die Interferenz der reflektirten Strahlen an der ersten und an der zweiten Oberfläche der Luftlamelle reflektirt wurden, erklärt hatte, so bewies er, daß die weit schwächeren Ringe, die man durch Transmission sieht, aus der Interferenz der Strahlen entspringen, welche unmittelbar mit denen fortgepflanzt wurden, mit denen dies erst nach zwei aufeinanderfolgenden Reflexionen in der dünnen Lamelle der Fall war, und daß sie demnach dem Versuche gemäß complementär der reflektirten Ringe sein müssen. Wir halten es für überflüssig, die Erklärung davon anzugeben, welche der vorhergehenden ähnlich ist; wir wollen bloß bemerken, daß die außerordentliche Blässe der Ringe, welche unter dem senkrechten Einfallen fortgepflanzt wurden, von der großen Intensitätsdifferenz der beiden Wellensysteme herrühre, welche sie erzeugen.

„Wir werden ebensowenig von den Ringen sprechen, welche durch ein schiefes Einfallen reflektirt werden, und begnügen uns, anzuführen, daß die Theorie erkläre, warum ihr Durchmesser mit der Schiefe zunehme, und daß die einfache Formel, auf welche sie führt, die Thatsachen mit Genauigkeit wenigstens in so weit, als die Schiefen nicht zu groß sind, darstelle. Wenn die Strahlen, welche in die Luftlamelle eindringen, sehr geneigt sind, so stimmen die Resultate des Kalküls nicht mehr mit den Newton'schen Maßen überein; es ist aber wahrscheinlich, daß diese Regelwidrigkeit davon herrühre, daß die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, nach welchen die Formel berechnet ist, einige Modifikationen auf dem sehr schiefen Wege der Strahlen zwischen zwei so nahe gebrachten Flächen erleiden.

„Wir haben bis jetzt nur die Ringe betrachtet, welche ein einfaches Licht hervorbringt; es ist aber leicht daraus zu schließen, was bei dem weißen Lichte der Fall sein müsse und zwar durch Schlüsse, welche denjenigen ähnlich sind, die wir bereits schon vorher in Beziehung auf die Fransen in dem Versuche mit den beiden Spiegeln angestellt haben; man kann übrigens die Analyse des Phänomens, welche mit der größten Ausführlichkeit vorgetragen ist, in der Optik Newtons finden, welcher zuerst bewiesen hat, daß die von dem weißen Lichte hervorgebrachte Erscheinung immer aus der Vereinigung der verschiedenen Wirkungen der farbigen Strahlen entstehe, woraus es besteht."

Newton entdeckte und beobachtete die Farben, welche von den dicken Lamellen hervorgebracht wurden, indem er auf einen Hohlspiegel von verzinntem Glase einen Sonnenstrahl so fallen ließ, daß ihn der Spiegel in der nämlichen Richtung wieder zurücksendet; man bemerkt um die Oeffnung herum auf einer zu diesem Ende hergerichteten weißen Pappe eine Reihe farbiger sehr glänzender Ringe. Ist die einfallende Farbe einfach, so sind die Ringe abwechselnd dunkel und von dieser Farbe; man zählt deren oft 120, ja sogar 150. Mit dem weißen Lichte zeigen die Ringe die Farben der Ringe, welche von den dünnen Lamellen gebildet werden. Der Herzog von Chaulnes und Herschel haben bemerkt, daß die Ringe um so glänzender waren, wenn der Spiegel matt oder mit einer leichten Staubschichte bedeckt war. Newton hat in seiner Theorie von den Anwandlungen eine Erklärung der Erscheinung gegeben, die nur eine natürliche Folge von dem Undulationssysteme ist. Wir übergehen mit Stillschweigen andere Färbungsphänomene, welche von den Interferenzen abhängen, weil wir nur die Absicht haben, die allgemeinen *Thatsachen* zu berichten.

10. Von der doppelten Brechung.

Ein Lichtstrahl erleidet die doppelte Brechung in einem Mittel, wenn sich beim Eingang in dieses Mittel zwei gebrochene Büschel erzeugen. Das Phänomen der doppelten Refraktion, welches von Erasmus, Bartolin in dem isländischen Spathe beobachtet wurde, ist von Newton, sodann von Huyghens untersucht worden, welcher die Gesetze davon bestimmte und es auf seine Wellentheorie bezog, indem er annahm, daß das ätherische Medium, welches in dem Krystall sich befindet, eine solche Beschaffenheit habe, daß dieses Medium nach einer Richtung hin einen schnelleren Impuls fortpflanzen könne, als nach einer andern.

Newton nahm an, daß ein Lichtstrahl nach seinem Austritt aus einem Krystalle Eigenschaften besitze, welche von dem umgebenden Raume abhängig seien, und welche er sodann auf seinem ganzen übrigen Wege beibehalte. Auf diese Eigenschaften hat man alle Polarisationserscheinungen bezogen, wie wir bald sehen werden.

Die Erscheinung der doppelten Brechung zog die Aufmerksamkeit der Physiker beständig auf sich, ohne daß irgend eine wichtige Entdeckung die Folge davon war. Wollaston gab diesen Untersuchungen dadurch einen neuen Impuls, daß er die Gesetze der doppelten Brechung, welche von Huyghens angezeigt worden waren, bestätigte. Laplace wandte die Newton'sche Theorie auf sie an; das französische Institut glaubte auf diesen Gegenstand einen Preis setzen zu müssen, welcher Malus zuerkannt wurde, der, indem er sich mit dieser Frage beschäftigte, die Polarisation des Lichtes entdeckte.

Wir wollen jetzt die allgemeinen Thatsachen angeben. In Krystallen, welche von einem regelmäßigen Polyeder abstammen, ist die Brechung einfach

und richtet sich nach dem Descartes'schen Gesetze; in denjenigen, deren Gestalt vom Würfel oder von den andern regelmäßigen Polyedern verschieden ist, findet eine doppelte Brechung Statt.

Die Krystalle, welche die Eigenschaft der doppelten Brechung besitzen oder doppelt brechend sind, wurden in zwei Klassen eingetheilt: in Krystalle mit einer Achse und in Krystalle mit zwei Achsen; weil es in diesen Krystallen immer eine oder zwei Richtungen gibt, nach welcher, oder nach welchen sich ein Lichtstrahl nie gabelförmig theilt: diese Richtungen heißen optische Achsen.

Doctor Brewster hat als allgemeines Gesetz aufgestellt, daß in den einachsigen Krystallen die Achse der doppelten Brechung immer mit der optischen Achse zusammenfalle. In dem Hauptschnitte dieser Krystalle richtet sich der gewöhnliche Strahl in jeder Lage nach dem Descartes'schen Gesetze; ebenso verhält es sich mit dem außergewöhnlichen Strahle; jedoch ist bei dem letzteren das Verhältniß der Sinus nicht mehr das nämliche. In einem auf der Achse senkrechten Schnitte sind beide, der gewöhnliche und der außergewöhnliche Strahl dem Descartes'schen Gesetze unterworfen, und erzeugen die Brechungsindere, welche gewöhnlicher Index und außergewöhnlicher Index genannt werden.

Biot hat zuerst eine Vergleichung dieser beiden Indere bei einer großen Anzahl von Krystallen angestellt, und er ist dadurch zu dem merkwürdigen Resultate gelangt, daß der gewöhnliche Index bald größer, bald kleiner ist; er hat die einen repulsive, die andern attraktive Krystalle genannt. Brewster bezeichnete sie mit dem Namen positiver und negativer Krystalle.

Huygens hatte geometrische Construktionen geliefert, wodurch es möglich wurde, einen gebrochenen Strahl, wenn man seinen Einfallspunkt kannte, in

flexionsebene ist, durchzugehen; während er mit einer gewissen Intensität durchgeht, je mehr sich die Achse des Turmalins der senkrechten Stellung zur Reflexionsebene nähert.

Zur Zeit dieser Entdeckung stand die Emanationstheorie noch sehr im Ansehen, und das Wort Polarisation erinnerte an das, was man in diesem Systeme annahm, daß nämlich die Lichtmoleküle Pole besäßen; daß im polarisirten Strahle die ähnlichen Pole auf die nämliche Weise geordnet wären; weßwegen Malus Polarisationsebene diejenige Ebene nannte, nach welcher das Licht reflektirt wurde, das durch Reflexion polarisirt ist, und von welchem man annahm, daß es die Achsen der Lichtmoleküle enthalte.

Brewster fand seinerseits, daß sich ein Strahl durch eine Reihe aufeinander folgender Reflexionen auf zwei Spiegeln unter beliebigen Einfallsebenen polarisiren könne. Malus entdeckte, daß die einfache Brechung einen Lichtstrahl polarisiren könne; daß ein Strahl bei seinem Durchgange durch eine Glassäule vollständig polarisirt werde, und daß er sein Polarisationsmaximum erhalte, wenn der Strahl auf die erste Platte unter dem Polarisationswinkel auffalle. Indem Malus die doppelte Brechung in ihren Beziehungen zu der Erscheinung der Polarisation untersuchte, fand er, daß die beiden Bündel der gewöhnliche und der außergewöhnliche, welche das natürliche Licht bei seinem Durchgange durch den Hauptschnitt eines Krystalls liefert, polarisirt wurden, der erste in der Einfallsebene, der andere senkrecht zu dieser Ebene. Man fand endlich, daß sich, wenn irgend eine Fläche von einem lebhaften Lichte erleuchtet wird, unter den Strahlen, welche dasselbe nach allen Richtungen hin reflektirt, einige befinden, welche in einer zur Ausfallsebene senkrechten Ebene polarisirt werden. Es reicht jedoch nicht hin,

ein Phänomen zu entdecken und dasselbe zu beschreiben, man muß auch die Gesetze auffinden, nach welchen es sich richtet; dies thaten Malus und die Physiker, welche sich nach ihm auf die neue Laufbahn warfen, die er eröffnet hatte.

Zuerst fand man, daß nicht alle Substanzen das Licht unter demselben Winkel polarisiren; so polarisirt das Glas das Licht durch Reflexion unter einem Winkel von ungefähr 35°, der Diamant unter einem Winkel von 22° u. s. w. Man wandte mehrere Verfahrungsarten an, um diesen Winkel mit Genauigkeit zu bestimmen: wir führen besonders das Verfahren Arago's an, durch welches man eine gewisse Anzahl von Bestimmungen erhielt. Brewster verdankt jedoch die Physik, die Entdeckung eines Gesetzes, das durch seine Einfachheit merkwürdig ist, wodurch man den Polarisationswinkel als eine Funktion des Brechungsinderes erhält; ich gebe hier den Ausdruck dieses Gesetzes:

Die Tangente des Polarisationswinkels mit der Normalen ist dem Brechungsinder gleich. Dieses Gesetz läßt sich auch in folgendes übertragen: der Polarisationswinkel ist derjenige, unter welchem der reflektirte Strahl senkrecht auf dem gebrochenen Strahle ist.

Das Licht polarisirt sich nicht allein an der ersten Oberfläche der Körper, sondern auch in dem Innern ihrer Masse durch die Reflexion an ihrer zweiten Oberfläche.

Malus hatte nach seiner wichtigen Entdeckung ein empirisches Gesetz aufgestellt, um die Intensität des polarisirten Strahles zu bestimmen, aber er hatte es nur in gewissen Fällen bestätigt; Arago bestätigte es durch unmittelbare Versuche. Fresnel fand vermittelst seiner Theorie dieselbe Formel, wie Malus wieder. Diese Formel leitet auf die Folgerung,

daß ein Büschel natürlichen Lichtes angesehen werden könne, als bestehe er aus zwei Büscheln von gleicher Intensität, welche unter einem rechten Winkel polarisirt sind, indem der eine seine Polarisationsebene rechts von der Einfallsebene, und der andere sie links hat. Nach der Formel des Malus ist die Intensität des gewöhnlichen Strahls der Intensität des einfallenden Strahls gleich, multiplicirt mit dem Quadrat des Cosinus des Winkels, welcher von dem Hauptschnitte des Primas und der Polarisationsebene gebildet wird, während die Intensität des außergewöhnlichen Strahls gleich der Intensität des einfallenden Strahls multiplicirt mit dem Quadrate des Sinus des nämlichen Winkels ist.

Bei der Reflexion des Lichtes hatte man bis auf Fresnel das Gesetz der Intensität des reflektirten Lichtes noch nicht bestimmt; man wußte nur, daß sich die Größe desselben mit der Schiefe des Einfallens vermehre; aber man wußte nicht, welches die den verschiedenen Intensitäten entsprechenden Neigungen wären. Diese Frage wurde vermittelst der Polarisationsphänomene einerseits von Arago, andererseits von Fresnel gelöst, welchem man eine Formel verdankt, wodurch man in Stand gesetzt wird, die Lichtmengen, welche eine Substanz unter irgend einer Schiefe reflektirt, zu berechnen, wenn der Brechungsinder dieser Substanz bekannt ist.

Wenn ein Strahl polarisirten Lichtes von einer polirten Oberfläche unter verschiedenen Schiefen reflektirt wird, so ist der reflektirte Theil noch polarisirt; es ereignet sich aber gewöhnlich, daß seine Polarisationsebene die Richtung verändert; diese Richtungsveränderung wurde Bewegung der Polarisationsebene genannt. Fresnel war ferner der Erste, welcher eine Formel lieferte, um diese Bewegung auszudrücken.

Wir haben bereits gesagt, daß mehrere auf

einander folgende Reflexionen eine vollständige Polarisation erzeugen. Brewster hat die Lichtmenge berechnet, welche für jedes Einfallen in der Reflexionsebene polarisirt erscheinen müsse, und endlich alle Wirkungen der aufeinanderfolgenden Reflexionen bestimmt, um das Licht zu polarisiren. Die Brechung kann ebenfalls der Polarisationsebene eine Bewegung ertheilen; denn Brewster analysirte diese Phänomene vermittelst einer Formel, aus welcher er das allgemeine Gesetz ableitete.

Bei der Reflexion nähert sich die Polarisationsebene der Einfallsebene; bei der Brechung ist es umgekehrt; sie entfernt sich immer mehr, so daß man auf die von Malus beobachtete Thatsache zurückkommt, daß nämlich, wenn man einen Strahl auf eine Platte unter der Polarisationsneigung fallen läßt, der gebrochene sowie der reflektirte Strahl polarisirt wird, jedoch in einer zur ersten senkrechten Ebene.

Ebenso wie man das Gesetz der Polarisation, welche durch aufeinanderfolgende Reflexionen erzeugt wurde, bestimmt hatte, ebenso bestimmte man das Gesetz der durch aufeinanderfolgende Brechungen erzeugten Polarisation. So wurde man auf das einfache Gesetz von Arago geführt, daß nämlich die Menge des durch Brechung polarisirten Lichtes gleich der Menge des durch Reflexion polarisirten Lichtes ist. Nach Brewster ist dieses Gesetz mehr oder minder ungenau, wenn der Winkel, welchen der Strahl mit der Normale bildet, sich weit von dem Winkel der vollständigen Polarisation entfernt.

Ueben die polarisirten Lichtstrahlen eine gegenseitige Wirkung auf einander aus, d. h. haben sie die Eigenschaft zu interferiren? Diese Frage mußte natürlicherweise die beiden Physiker beschäftigen, die gemeinschaftlich dahin arbeiteten, die Theorie der Interferenzen zu begründen, wir meinen Arago und

Fresnel, welche diese Frage auf die verständlichste Weise gelöst haben. Der Erste gibt folgendermaßen das Resultat ihrer Forschungen an.

„Indem wir beide, Arago und ich, die Interferenzen der polarisirten Strahlen untersuchten, fanden wir, daß sie keinen Einfluß mehr auf einander ausüben, wenn ihre Polarisationsebenen perpendikulär sind, d. h. daß sie alsdann keine Fransen mehr erzeugen können, obgleich alle Bedingungen, die zu ihrer Erscheinung im gewöhnlichen Falle erforderlich sind, auf das Sorgfältigste erfüllt sind. Ich führe die drei hauptsächlichsten Versuche an, welche uns zur Begründung dieser Thatsache gedient haben, und beginne mit demjenigen, welcher Arago angehört. Er besteht darin, daß man zwei Büschel, welche von demselben Lichtpunkte ausgehen und welche durch zwei parallele Spalten geleitet werden, durch zwei Säulen von durchsichtigen sehr dünnen Lamellen, wie z. B. Glimmer oder geblasenem Glase, gehen läßt, daß man beide gegen einander neigt, um jeden von den beiden Büscheln fast vollständig zu polarisiren, und dafür sorgt, daß die beiden Ebenen, nach welchen man sie neigt, unter sich perpendikulär sind; alsdann kann man keine Fransen mehr wahrnehmen, so sorgfältig man auch die verschiedenen Arten des Wegs dadurch zu compensiren sucht, daß man die Neigung einer von den Säulen sich sehr langsam verändern läßt, während man es immer dahin bringt, die Fransen zum Vorschein zu bringen, wenn die Neigungsebenen der Säulen nicht mehr senkrecht unter sich sind. Je mehr sich diese Ebenen vom Parallelismus entfernen, desto schwächer werden die Fransen und sie verschwinden ganz, wenn sie rechtwinklig sind, wenn die Polarisation der beiden Büschel ziemlich vollständig geworden ist. Aus diesem Versuche geht hervor, daß die *nach* derselben Ebene polarisirten Strahlen *gegenseitig auf* einander wirken, wie Strahlen von nicht

modificirtem Lichte; daß aber diese Wirkung in dem Verhältnisse abnimmt, als sich die Polarisationsebenen von einander entfernen und Null wird, wenn sie rechtwinklig sind."

Fresnel theilt zwei andere Versuche mit, welche zu denselben Schlüssen führen; sodann führt er einen dritten Versuch zur Unterstützung der beiden ersten an, und fügt hinzu:

„Es ist demnach durch die Versuche, welche ich so eben mittheilte, vollständig erwiesen, daß die unter einem rechten Winkel polarisirten Strahlen keinen merklichen Einfluß auf einander ausüben können; oder mit andern Worten, daß ihre Vereinigung immer dieselbe Lichtintensität erzeugt, mögen auch die Differenzen des Weges der beiden interferirenden Wellensysteme sein, welche sie wollen.

„Eine andere merkwürdige Thatsache ist die, daß, wenn sie einmal nach rechtwinkligen Richtungen polarisirt wurden, es nicht mehr hinreichend ist, sie auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückzuführen, um in die Sinne fallende Merkmale von ihrem gegenseitigen Einfluß geben zu können. Wenn man bei Arago's Versuche, oder bei dem, welchen ich nachher beschrieben habe, die Strahlen, welche von den beiden Spalten ausgegangen und rechtwinklig polarisirt sind, durch eine Säule von geneigten Spiegeln in die Quere gehen läßt, so bemerkt man keine Fransen, in welcher Richtung man auch seine Neigungsebene dreht. Anstatt einer Säule kann man ein Kalkspathrhomboeder nehmen; wenn man seinen Hauptschnitt um 45° gegen die Polarisationsebene der einfallenden Büschel so neigt, daß er den Winkel, den sie unter sich bilden, in zwei gleiche Theile theilt, so wird jedes Bild die Hälfte von jedem Büschel enthalten, und da diese beiden Hälften die nämliche Polarisationsebene in dem nämlichen Bilde haben, so würden sie auf demselben Fransen hervorbringen, wenn

es hinreichend wäre, die Strahlen auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zu bringen, um die augenscheinlichen Wirkungen ihres gegenseitigen Einflusses zu begründen. Man kann aber nie durch dieses Mittel Fransen erhalten, so lange als die Strahlen nicht nach einer und derselben Ebene polarisirt wurden, bevor sie in zwei unter einem rechten Winkel polarisirte Bündel zertheilt wurden.

„Wenn das Licht diese vorläufige Polarisation erhalten hat, so schafft das Dazwischenbringen des Rhomboeders die Fransen weg. Die vortheilhafteste Richtung, die man der ersten Polarisationsebene gibt, ist die, welche den Winkel der rechtwinkligen Ebenen, nach welchen die beiden Büschel zum zweiten Male polarisirt werden, in zwei gleiche Theile theilt, weil alsdann das einfallende Licht sich gleichfalls unter sie vertheilt. Um unsere Begriffe auf etwas Festes zu setzen, so wollen wir annehmen, daß die Ebene der ersten Polarisation horizontal sei; es müssen alsdann die Ebenen der folgenden Polarisation, welche jedem der zwei Büschel gegeben wurde, in einem Winkel von 45° auf die Horizontalebene geneigt sein, die eine oben, die andere unten, so daß sie unter sich senkrecht bleiben. Man kann diese rechtwinklige Stellung entweder mit Hülfe von zwei kleinen Säulen, wie bei Arago's Versuche, oder mit zwei Platten, deren Achsen rechtwinklig angebracht sind, oder auch mit einer einzigen krystallisirten Platte erhalten. Wir wollen nur diesen letzteren Fall betrachten; die beiden andern zeigen ganz analoge Erscheinungen.

„Um das Licht in zwei Winkel zu zertheilen, die sich unter einem kleinen Winkel spalten und welche auf diese Weise Fransen erzeugen können, wird der Apparat mit den zwei Spiegeln dem Schirme mit zwei Spalten vorgezogen, weil er glänzendere Fransen hervorbringt; er hat überdies hier den Vortheil, daß er den beiden Bündeln die vorläufige

nſerem Verſuche erforderliche Polariſation unmit-
ır ertheilt; zu dieſem Ende iſt es hinreichend,
die beiden Spiegel aus nicht verzinntem Glaſe
hen und ungefähr 35° gegen die einfallenden
ıhlen geneigt ſind; man muß dafür Sorge tra-
ſie hinten zu ſchwärzen, um die zweite Reflexion
ernichten. Man bringt in ihrer Nähe auf dem Wege
reflektirten Strahlen und ſenkrecht auf ihre Rich-
eine Platte von Gyps oder Bergkryſtall paral-
nit der Achſe und von 1 oder 2 Millimeter Dicke
ınd neigt den Hauptſchnitt von 45° auf die Ebene
anfänglichen Polariſation, die wir horizontal
ıommen haben. Iſt der Apparat ſo geſtellt, ſo
man nur eine einzige Gruppe von Franſen durch
Platte wie vor ihrem Dazwiſchentreten und ſie
nt die nämliche Lage an; bringt man aber vor
Linſe eine Säule von Glas an, die ſich hori-
al oder vertikal neigt, ſo findet man auf jeder
e der centralen Gruppe eine andere Franſen-
ye, welche um ſo entfernter ſein wird, je dichter
ryſtalliſirte Platte iſt. Nimmt man ſtatt der Glas-
ein Kalkſpathrhomboeder, deſſen Hauptſchnitt
ontal oder vertikal geht, ſo ſieht man in jedem
beiden Bilder, die er hervorbringt, die beiden
eme hinzukommender Franſen, welche das Da-
hentreten der Glasſäule hervorgebracht hat, und
ſt zu bemerken, daß dieſe beiden Bilder comple-
tär voneinander ſind, d. h., daß die dunkeln
ıifen des einen den hellen Streifen des andern
ırechen.

„Wir ſehen in dieſem Verſuche eine neue Beſtäti-
ı der Principien, welche durch die vorhergehen-
bewieſen wurden. Die Strahlen, welche Bre-
gen von entgegengeſetzten Namen erlitten haben,
en keinen Einfluß aufeinander ausüben, weil ſie,
le aus der nämlichen Platte in dem Falle, welchen
jetzt im Auge haben, heraustreten, nach rechts-

winklichten Richtungen polarisirt worden; demnach können die Gruppen zur Rechten und zur Linken nicht vorkommen, wofern man nicht den gegenseitigen Einfluß dieser Strahlen dadurch wieder herstellt, daß man sie auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückführt; dies bewirkt die Dazwischenkunft der Glassäule oder des Rhomboeders. Die auf diese Weise hervorgebrachten Fransen sind um so deutlicher, je gleicher die beiden Büschel von entgegengesetzten Benennungen, die zu ihrer Bildung beitragen, an Intensität sind; darum ist auch die Richtung des Hauptschnitts des Rhomboeders, welcher einen Winkel von 45° mit der Achse der Platte macht, für das Erscheinen der Fransen die günstigste. Ist der Hauptschnitt des Rhomboeders parallel oder senkrecht mit dem der Platte, so gehen die von der Platte gewöhnlich gebrochenen Strahlen ganz in ein Bild, anstatt sich zwischen den beiden zu theilen und alle außergewöhnlichen Strahlen gehen in das andere Bild, so daß keine Interferenz zwischen denselben mehr stattfinden kann nnd die hinzugekommenen Fransen verschwinden; jedes Bild zeigt nur noch die Fransen, welche aus der Interferenz gleichnamiger Strahlen entstehen, d. h. die, welche die Centralgruppe ausmachen.

„Diese zwei Gruppen hinzugekommener Fransen, welche das polarisirte Licht in der ersten Stellung des Rhomboeders zeigte, liefern eines der genauesten Mittel, die doppelte Brechung zu messen und das Gesetz derselben zu erforschen; ihre excentrische Lage rührt auch wirklich von der Verschiedenheit des Ganges der gewöhnlichen und außergewöhnlichen Strahlen her, welche aus der Platte gekommen sind, und man kann die Zahl der Schwingungen, um welche die außergewöhnlichen Strahlen des Büschels zur Rechten von den gewöhnlichen Strahlen des Büschels zur Linken zurückgeblieben sind, aus der durch die Zahl

der Breiten der Fransen beurtheilen, welche zwischen der Mitte der Gruppe zur Rechten und der Mitte der centralen Gruppe liegen. Diese Verschiedenheit des Ganges wird noch besser dadurch bestimmt, daß man den Raum mißt, welcher zwischen den Mitten der beiden äußersten Gruppen liegen, welcher das Doppelte ihrer Entfernung von der Mitte der Centralgruppe ist. Das weiße Licht wendet man am bequemsten bei diesen Arten von Beobachtungen an, weil es erstens stärker ist und zweitens den centralen Streifen einer jeden Gruppe kenntlicher macht. Wenn man sodann die Dicke der Gruppen mit der beobachteten Verschiedenheit des Ganges vergleicht, so schließt man daraus auf das Verhältniß der Geschwindigkeiten der gewöhnlichen und außergewöhnlichen Strahlen."

Farben des polarisirten Lichtes.

Als Arago die Wirkung des polarisirten Lichtes auf Körper mit doppelter Brechung kurze Zeit nach der Entdeckung des Malus im Jahre 1811 untersuchte, so wurde er auf eine Klasse der merkwürdigsten Erscheinungen geführt, welche in einer Reihe der schönsten und lebhaftesten Farben besteht, welche denen, die Newton in dünnen, gasartigen oder liquiden Schichten beobachtet hatte, ähnlich aber glänzender und entwickelter sind. Diese Farben zeigen sich, wenn polarisirtes Licht durch Substanzen von doppelter Brechung in mehr oder minder dicken Schichten nach besonderen Richtungen hindurchgeht. Eine Glimmerplatte z. B. ist farblos und durchsichtig, wenn man mit bloßem Auge durch sie hindurchsehen kann; wenn man aber, um sie zu betrachten, vor das Auge ein doppeltbrechendes Prisma hält, so sieht man, wie sie gewöhnlich eine gleichförmige und glänzende Färbung annimmt; durch dieses Prisma sieht man sie doppelt und ihre farbigen Bilder haben immer eine complementäre Färbung von einander. Alle krystal-

lisirten Platten zeigen ähnliche Erscheinungen, sie mögen nun von einem doppeltbrechenden ein- oder zweiachsigen Krystalle herrühren, es gibt aber immer eine Dicke, über welche hinaus alle Farbenerscheinungen verschwinden. Kaum war diese Erscheinung bekannt, als man sich von allen Seiten an's Werk machte, um sie zu studiren, die mannigfaltigen Eigenthümlichkeiten, die Gesetze und die Anwendungen derselben zu entdecken. Wir führen in Frankreich Fresnel, Biot und Arago; in England Young, Wollaston, Brewster und Herschel; in Deutschland Seebeck und Mitscherlich an. Das Studium der Farben des polarisirten Lichtes hat Biot, Brewster und Wollaston auf eine Reihe sehr merkwürdiger Erscheinungen geleitet, welche von der innigen Struktur der Körper abhängt.

Alles, was in dieser Beziehung gethan worden ist, kann in fünf Theile eingetheilt werden:

1) Die farbigen Erscheinungen der krystallisirten Platten.

2) Die farbigen Ringe der krystallisirten Platten.

3) Die kreisförmige Polarisation.

4) Die Farbe der derben Körper.

5) Die Absorption des polarisirten Lichtes.

Man mußte natürlicherweise der Polarisation die Farben zuschreiben, die sich auf diese Art entwickeln; denn man weiß, daß das blaue Licht des Himmels in den verschiedenen Regionen und sogar in den verschiedenen Stunden des Tages mehr oder weniger polarisirt ist. Wenn man einen polarisirten Sonnenstrahl, der so eben durch eine doppeltbrechende sehr dünne Platte gegangen ist, durch ein achromatisch gemachtes doppeltbrechendes Prisma betrachtet, so bemerkt man, daß, wenn der Hauptschnitt der Platte mit dem Hauptschnitte des Prisma und der anfänglichen Polarisationsebene zusammenfällt, nur ein einziges weißes Bild stattfindet, dies ist das gewöhnliche *Bild*. Steht der Hauptschnitt der Platte senkrecht

auf dem Hauptschnitte des Prisma und auf der anfänglichen Polarisationsebene, so findet gleichfalls nur ein einziges weißes Bild Statt. Dies ist das außergewöhnliche Bild.

Bei allen dazwischen befindlichen Lagen finden zwei Bilder Statt, welche immer die gleiche Farbe haben und deren Farben immer complementär von einander sind. Ist der Hauptschnitt des Prisma senkrecht auf der anfänglichen Polarisationsebene, so bemerkt man ähnliche Erscheinungen, aber die beiden Strahlen verwechseln ihre Rolle.

Als Biot die Färbungen der krystallisirten Platten von gleicher Substanz und von veränderlicher Dicke untersuchte, so fand er, daß die nämlichen Perioden, d. h. die Platten von gleicher Substanz und verschiedenen Dicken, die einen das Roth vom ersten Range, die andern das vom zweiten, gaben und daß sie sich nach der Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3 richteten.

Indem sich Biot auf Hypothesen stützte, welche mit dem Emanationssysteme verbunden waren, so hatte er es dahin gebracht, alle diese Erscheinungen durch eine Theorie mit einander zu verbinden, die unter dem Namen der Theorie der beweglichen Polarisation bekannt ist. Dies wurde lebhaft von Fresnel angegriffen, welcher bewies, daß seine Grundlagen nicht annehmbar seien und daß sie nicht genau alle Thatsachen erklären können. Um eine andere Theorie auf das Undulationssystem zu gründen, fing Fresnel mit dem Beweise an, daß der polarisirte Strahl sich in dem Innern der krystallisirten Platte gabelförmig spalte, daß sich sodann jeder Strahl in dem doppeltbrechenden Prisma abermals spalte, so daß jedes von den Bildern, welche in diesem letzteren Prisma gesehen wurden, aus zwei polarisirten Büscheln bestehe; da aber die Elemente eines jeden Bildes nicht dieselbe Geschwindigkeit hatten,

so entstand daraus eine Beschleunigung oder eine Verzögerung des einen der Elementarbüschel in Beziehung auf den andern und demnach eine Interferenz zwischen einigen von den Elementen der Strahlen, eine Interferenz, welche die erhaltenen Farben hervorbrachte. Die Verdopplung der Platten lieferte das Mittel, die Farben in den Krystallen zu entwickeln, wo man keine derselben durch die Beobachtung entdecken konnte; entstanden die Farben auf der parallelen Verdopplung, so wurde der Krystall als der entgegengesetzte von dem negativen Krystalle angegeben, den man angewandt hatte: entstanden sie durch die gekreuzte Verdopplung, so hatte der Krystall das nämliche Zeichen.

Wenn man eine krystallisirte Platte von einem zweiachsigen Krystalle nimmt, so konnte man sich leicht überzeugen, daß unter einem senkrechten Einfallen alle Erscheinungen um die Mittellinie nach den nämlichen Gesetzen vorkommen, wie um eine Achse in den zweiachsigen Krystallen. Man konnte also aus diesen Erscheinungen erkennen, ob eine Platte doppeltbrechend sei oder nicht.

Fresnel stellte zuerst die allgemeine Formeln auf, welche die Intensität einer jeden Art von gleichartigem Lichte bei den gewöhnlichen und außergewöhnlichen Büscheln als eine Funktion der Undulationslänge und der Verschiedenheit der Wege, welche von den Strahlen durchlaufen werden, die durch die krystallisirte Platte gegangen sind, angeben. Die Formeln zeigen die Einfachheit und die Fruchtbarkeit der Principien, welche Fresnel zu Gründung der Theorie der Farben der krystallisirten Platten dienten, und man leitet daraus nachstehende Folgerungen ab:

1) Die Summe der Intensitäten der beiden Büschel bringt die als Einheit angenommene anfängliche Intensität wieder hervor.

2) *Unter* dem senkrechten Einfallen ist in allen *Krystallen* die Verschiedenheit der durchlaufenen Wege

der Dicke proportional und sie hängt überdies in jedem Krystalle von der Geschwindigkeitsverschiedenheit des gewöhnlichen und des außergewöhnlichen Strahls oder von den Brechungsinderen ab, welche diesen beiden Arten von Strahlen entsprechen. In einem Krystalle, in welchem die Indere beinahe gleich wären, wäre eine große Dicke erforderlich, um z. B. das Roth vom ersten Range zu erhalten, während man, um die nämliche Farbe zu erlangen, nur eine sehr geringe Dicke nöthig hätte, wenn die gewöhnlichen und außergewöhnlichen Indere sehr verschieden sind.

3) Wenn die Differenz der durchlaufenen Räume einer sehr großen Anzahl von Schwingungen gleich ist, so sind die Bilder weiß, wie in der Theorie der dünnen Platten und aus demselben Grunde.

4) Die erforderliche Bedingung, damit keine Farbe in den Bildern sei, ist augenscheinlich die, daß die Grenze, welche mit der Breite der Undulationen verschieden ist, Null sei, weil alsdann die Strahlen von allen Farben gleiche Intensitäten haben und das Weiße erzeugen.

5) Die erforderliche Bedingung, daß die Bilder auf das Lebhafteste gefärbt seien, ist augenscheinlich die, daß die Grenze, welche mit der Undulationslänge verschieden ist, ihr Maximum erreiche.

6) Die Polarisationsebene kann auf eine allgemeine Weise bei dem einen und dem anderen Bilde leicht bestimmt werden.

Alle diese Folgerungen, welche aus den Formeln abgeleitet werden, sind durch den Versuch bestätigt worden. Fresnels Theorie über die Farben der krystallisirten Platten beruht also auf Principien, die zu gleicher Zeit einfach und in ihren Anwendungen fruchtbar sind.

Farbige Ringe der krystallisirten Platten.

Wenn ein Büschel von weißem polarisirtem Lichte

durch die Platte von einem Krystalle geht, welcher die doppelte Brechung besitzt, wie z. B. der isländische Spath, welcher senkrecht zur Achse geschnitten ist und man ihn mit einer Turmalinplatte beobachtet, so erblickt man eine Reihe runder concentrischer und sehr lebhaft gefärbter Ringe; die Erscheinung verändert mit der Lage des Turmalins ihr Aussehen. Befindet sich die Achse dieses letzteren in der anfänglichen Polarisationsebene, so geht durch diese Ringe ein schönes schwarzes Kreuz, das sich auf eine große Weite erstreckt; im Gegentheile ist das Kreuz weiß, wenn die Achse des Turmalins senkrecht zur Polarisationsebene ist.

Als man diese Erscheinung in den einachsigen Krystallen untersuchte, so wurde man auf folgende zwei Gesetze geleitet:

1) bei einer und derselben Platte folgen die Quadrate der Diameter der Ringe von verschiedenen Ordnungen der Reihe der Zahlen 0, 1, 2, 3, 4 u. s. w.;

2) bei den Platten von verschiedener Dicke stehen die Quadrate der Diameter der Ringe von derselben Ordnung im umgekehrten Verhältnisse zu den Quadratwurzeln der Dicken der Platten.

Was die Dicke anbetrifft, welche eine Platte zur Hervorbringung der Ringe von bestimmter Größe haben muß, so hängt sie von dem Verhältnisse der gewöhnlichen und außergewöhnlichen Geschwindigkeiten des Lichts in dem Inneren des Krystalles ab. Als Herschel eine gewisse Anzahl Krystalle von derselben Substanz dem Versuche unterwarf, so fand er einige, bei welchen die Ringe mehr oder weniger oval waren; drehte man alsdann die Platte in einer Ebene, so sah man, wie das schwarze Kreuz nach mehr oder weniger regelmäßigen Kurven zerbrach. Diese Erscheinungen rühren von einer unregelmäßigen

Kryſtalliſation her. Der Quarz, der Beryll zeigen ſie häufig, der Apophyllit und der unterſchwefelſaure Kalk zeigen in dieſer Beziehung Modifikationen bei der Erſcheinung der Ringe, deren Studium Licht über die molekulare Beſchaffenheit dieſer Kryſtalle verbreitet. Man hat auf dieſe Weiſe die farbigen Ringe in den zweiachſigen Kryſtallen analyſirt, um die Geſetze derſelben kennen zu lernen; Herſchel verdankt man ſehr bequeme Apparate, um dieſe mannigfaltigen Erſcheinungen zu ſtudiren und mit deren Hülfe er gezeigt hat, daß in den zweiachſigen Kryſtallen die Farben auf Lemniskaten, d. h. auf Kurven mit zwei Mittelpunkten, welche ſehr beſtimmte Eigenſchaften beſitzen, vertheilt ſeien, und er hat gefunden, daß faſt in allen Kryſtallen aus dieſer Kategorie die verſchiedenen einfachen Farben verſchiedene Achſen haben.

Endlich bemerkt man hyperboliſche oder parallele Franſen in den Kryſtallen, wenn man einem polariſirten Strahle eine Platte von Bergkryſtall entgegen hält, wovon eine ſeiner Flächen mit der Achſe parallel und die andere etwas geneigt iſt; dieſe Streifen, welche man mit dem unbewaffneten Auge bemerken kann, ſind jedesmal roth und grün, wenn man von einiger Entfernung hinſieht, und die Dicke des Prisma's gegen den oberen Theil hin ungefähr das Drittel oder die Hälfte eines Millimeters beträgt.

12. Kreisförmige Polariſation.

Wenn ein Büſchel von homogenem, polariſirtem Lichte ſenkrecht durch eine Bergkryſtallplatte, welche nach einer zur Achſe ſenkrechten Richtung geſchnitten iſt, geht, ſo bleibt er noch nach ſeinem Ausfahren polariſirt; aber ſeine Polariſationsebene iſt verändert. Gewiſſe Kryſtallplatten drehen ſie von rechts nach links, andere von links nach rechts in Beziehung auf die urſprüngliche Polariſationsebene. Dieſes Phä-

nomen, welches von Seebeck und Arago in dem Bergkrystall (von dem Ersteren aber besonders in einer großen Anzahl von Substanzen) und von Biot in den tropfbaren Flüssigkeiten und in den Dämpfen untersucht wurde, hat den Namen kreisförmige Polarisation erhalten.

Bei der Untersuchung dieses Phänomens mit Platten von verschiedener Dicke, welche von demselben Muster waren, und mit Platten von verschiedenen Mustern, kam man auf folgende Gesetze:

1) Bei allen Platten, welche von demselben Krystalle genommen werden, ist die Rotation der Polarisationsebene der Dicke proportional.

2) In einer Quarzvarietät, welche von Hauy querflächiger Krystall genannt wird, bestimmt die Richtung der Neigungen der Krystallflächen immer die Richtung der Rotation der Polarisationsebene.

3) Wenn sich ein Krystall von rechts nach links oder von links nach rechts dreht, so bringt die nämliche Dicke beinahe immer dieselbe Rotation hervor.

4) Bei der Uebereinanderlegung von zwei Platten, die in entgegengesetzter Richtung wirken, ist die Wirkung, welche sie hervorbringen, beinahe der Wirkung einer einzigen Platte gleich, die eine ihrer Differenz gleiche Dicke besitzt und welche wie die dichteste wirkt.

5) Die verschiedenen Farben des Spektrums erleiden in ihrer Polarisationsebene um so stärkere Rotationen, je brechbarer sie sind.

Die Gesetze 1, 3 und 5 verdankt man Biot.

Um einen Begriff von der Wichtigkeit des Studiums der kreisförmigen Polarisation für die Erforschungen zu geben, die sich auf die molekulare Bildung der Körper beziehen, führen wir an, daß Brewster fand, daß die aufeinander folgenden Schichten, aus welchen gewisse Muster von Amethysten bestehen, entgegengesetzte Eigenschaften besitzen und daß sie die

Polarisationsebene nach einer oder nach einer andern Richtung drehen. Wenn man nun einen Büschel polarisirten Lichts durch eine gehörig geschnittene Amethystplatte gehen läßt, so erhält man eine Reihe von Fransen, welche auf tausendfache Weise zusammengesetzt und gefärbt sind.

Wir wollen jetzt zu der Bewegung der Polarisationsebene in den tropfbarflüssigen Körpern und den Gasen übergehen.

Biot hat diese Erscheinung in den wesentlichen Oelen und in verschiedenen tropfbarflüssigen und gasartigen Zusammensetzungen untersucht, und die Resultate, welche er erhalten hat, sind für das Studium der Molekularbeschaffenheit der Körper und sogar für ihre Zusammensetzung in einigen Fällen von der höchsten Wichtigkeit. Der Apparat, dessen er sich zu diesem Ende bediente, besteht aus einer Metallröhre die sich in zwei parallele Glasplatten endigt und mit der Flüssigkeit angefüllt ist, mit welcher man experimentiren will. Wenn man die Reinheit einer Flüssigkeit, durch den Zusatz von einer andern, welche aber keine Wirkung auf dieselbe äußert, verändert, so ist die Gesammtwirkung immer der Summe oder der Differenz der besonderen Wirkungen gleich, welche von den Molekülen jeder Art abgesondert hervorgebracht würden; dieses Gesetz erhält sich auch dann noch, wenn die Molekülen chemischen Einwirkungen unterworfen sind, und wenn sogar die wirkenden Flüssigkeiten in den dampfförmigen Zustand übergehen, wie Biot es nachgewiesen hat, als er mit langen Röhren operirte, die mit Dampf von Terpentingeist angefüllt waren. Wir werden auf die interessanten Forschungen Biots zurückkommen, für jetzt beschränken wir uns darauf, anzuführen, daß die Terpentin- und Lorbeergeiste, das arabische Gummi u. s. w., die Polarisationsebene von rechts nach links drehen, während die Citronenessenz, der Zucker-

syrup, die Alkoholllösung, der Kampher, das Dextrin, und die Weinsteinsäure sie von links nach rechts drehen.

Fresnel hat gleichfalls in dem Undulationssysteme die Theorie der kreisförmigen Polarisation gegeben; da wir aber besorgen, daß wir dieser historischen Einleitung eine zu große Ausdehnung geben, so bedauern wir die theoretischen Ansichten, auf welche er sich stützte, hier nicht anführen zu können.

Farben der derben Körper.

Die derben Körper zeigen gleichfalls Farben; als Beispiele führen wir Glasplatten an, welche langsam bis zum Rothglühen erhitzt und schnell abgekühlt werden. In diesem Zustande verhalten sie sich wie die krystallisirten Körper; d. h. die Büschel, welche durch sie hindurchgehen, sind mit den lebhaftesten Farben gefärbt. Diese Erscheinung rührt von dem Härten und demnach von dem erzwungenen Zustande her, in welchem sich die Moleküle befinden; denn wenn man irgend ein Stück von der Platte wegnimmt, ein Fall, in welchem man die Molekularanordnung stört, so ändert man zu gleicher Zeit die Farben. Fresnel fand die Ursache der Erscheinung dadurch, daß er bewies, daß die Farben, welche durch das polarisirte Licht in dem gehärteten Glase hervorgebracht werden, von der ungleichen Elasticität des Aethers in verschiedenen Richtungen abhängen, woraus Ungleichheit der Geschwindigkeit, der Interferenz, wie bei den krystallisirten Platten entspringt. Die Glasplatten geben, während sie schwingen, gleichfalls Spuren von Färbung, wie dies Biot gefunden hat; Seebeck und Brewster haben bemerkt, daß Glasplatten, welche in einen Schraubstock gepreßt waren, ähnliche Erscheinungen zeigen, und daß es sich ebenso mit thierischen Gallerten verhalte, welche zwischen zwei *Glasplatten* gepreßt wurden. Temperaturverschiedenheiten zwischen verschiedenen Theilen der Platten sind

reichend, um die nämlichen Erscheinungen zu geben.
e Krystalle verhalten sich in ähnlichen Umständen
ganz gleiche Weise. Zum Schlusse von dem, was
über das Licht zu sagen haben, haben wir nur
h von der Absorption des polarisirten Lichtes zu
echen.

Absorption des polarisirten Lichtes.

Der Turmalin zeigt diese Erscheinung in einem
rkwürdigen Grade; diese Substanz hat die dop-
lte Brechung, wie man dies daran erkennt, daß
n ein Turmalinprisma, dessen Kante mit der Achse
rallel und dessen brechender Winkel sehr klein ist,
ht; er hat überdies die Eigenschaft, die in dem
uptschnitte polarisirten Büschel zu absorbiren, wäh-
d er die beibehält, die polarisirten Büschel, die
f diesem Schnitte senkrecht stehen, durch zu lassen.
gibt klare oder etwas bläuliche Turmaline, welche
n gewöhnlichen Strahl nur dann absorbiren kön-
n, wenn sie eine große Dicke besitzen, während
braunen Turmaline in sehr dünnen Lamellen diese
scheinung hervorbringen. Kohlensaurer Baryt gibt
ei Bilder von fast gleicher Intensität, während er
anderen Richtungen den Büschel, welcher durch ihn
rchgeht, fast ganz absorbirt. Brewster hat mit den
alpeterkrystallen eine interessante Beobachtung an-
stellt, welche ihn darauf leitete, das Spiel der
rben in den Substanzen zu studiren, welche den
ichroismus besitzen, d. h. welche zwei verschiedene Far-
n sehen lassen, je nachdem man sie in der einen oder
einer anderen Richtung betrachtet, und er hat gefun-
n, daß diese Farben von der Lage der optischen Achsen
bhängen. Babinet hat die Absorptionserscheinungen
er die Erscheinungen der Vernichtung gewisser Strah-
n des Spektrums, wenn das Licht durch gewisse
ineralische Substanzen geht, benützt, um unterschei-
nde Merkmale dieser Substanzen daraus zu finden.

unter anderen die Prismen von Rubin, Granat, Zirkon, Beryll, Topas, welche auffallende Verschiedenheiten in den Spektren zeigen, die man durch die von ihm angegebene Experimentirungsart hervorbringt. Er wendet gleichfalls die Absorption durch Polarisation an, um die Körper von einander zu unterscheiden und bemerkt in dieser Beziehung, daß alle Substanzen, welche die attraktive Brechung zeigen, das Maximum der Absorption an dem außergewöhnlichen Strahle ausüben und daß im Gegentheile alle die, welche die doppelte repulsive Brechung zeigen, dieses Maximum an den gewöhnlichen Strahlen ausüben; diese Beobachtung hat es ihm möglich gemacht, zwei Gruppen von Körpern und verschiedene Substanzen zu unterscheiden, welche übrigens eine große Analogie unter sich haben. Er hat ebenfalls den Dichroismus untersucht und gezeigt, daß das Licht, welches durch einen Körper mit dieser Eigenschaft fortgepflanzt wird, aus zwei Theilen besteht, dem einen, welcher nicht polarisirt ist und welcher in allen Richtungen durchgeht, dem andern, welcher polarisirt ist und der in größerer oder geringerer Menge durchgeht, je nachdem er sich den Brechungsaxen mehr nähert oder sich mehr von denselben entfernt. Die beobachteten Färbungen rühren von der Mischung dieser beiden Lichter her. Babinet beweist auch die Erscheinungen, welche die Strukturen, die durch parallele Lamellen anwachsen, die faserigen Strukturen u. s. w. auf das Licht hervorbringen. In dem ersten Falle erzeugt das Licht bei seinem Durchgange durch den Schnitt farbige Streifen, die denen der Netze ähnlich sind; im zweiten entsteht ein Kranz daraus. Diese Erscheinungen können dazu behülflich sein, in den Körpern einen Bau mit parallelen oder faserigen Lamellen in solchen Theilen zu entdecken, wo man ihn gar nicht vermuthen konnte. Endlich hat Babinet gezeigt, daß die Wirkungen der Element-

steine sich an die Netzerscheinungen knüpfen, welche aus dem inneren Bau der regelmäßig krystallisirten Körper entspringen. Wir glauben, in diesem Abrisse die hauptsächlichsten Thatsachen angeführt zu haben, woraus in unsern Tagen die Optik besteht, und auf welche wir uns in der Folge berufen können.

Siebentes Kapitel.

Von der Wärme.

Von den verschiedenen Meinungen über die Ursache der Wärme.

Aristoteles betrachtete die Wärme als eine Qualität oder ein Accidenz, das die homogenen Dinge vereint und die heterogenen Dinge trennt. Die Epikuräer und die Anhänger der Korpusculartheorie verwarfen diese Meinung und betrachteten die Wärme als ein wesentliches Vermögen oder eine Eigenschaft des Feuers oder vielmehr als eine flüchtige Substanz des Feuers selbst, die auf Atome reduzirt sei und aus den feurigen Körpern ausströme. Man sieht daraus, wie dunkel die Begriffe der Alten über die Ursache der Wärme waren.

Homberg, Lemery, Sgravesand und besonders Boerhaave definirten folgendermaßen das Feuer: Ein Körper sui generis, der so erschaffen wurde, welcher in nichts verändert werden kann, auch nicht durch irgend einen anderen Körper auf's Neue hervorgebracht noch in einen andern verwandelt werden kann und dessen Wirkungen Wärme und Licht sind. Baco, Boyle und Newton theilten diese Ansicht nicht; nach ihrer Ansicht war die Wärme keine den Körpern ursprünglich anhängende Eigenschaft, wohl aber eine Eigenschaft, welche in denselben mechanisch entwickelt werden könne. Descartes und seine Anhänger sprachen eine

ähnliche Ansicht aus: Nach ihnen bestand die Wärme in einer gewissen Bewegung der mannigfaltigen Theile eines Körpers. Wir übergehen mit Stillschweigen die anderen systematischen Ansichten, welche von keiner Wichtigkeit sind, um uns vorzüglich an die zwei Meinungen zu halten, welche in der Wissenschaft herrschen: wir meinen das Emanations- und das Undulationssystem.

In dem ersten nimmt man an, daß die Wärme ein unwägbares Fluidum sei, das in allen Körpern verbreitet ist und das, wenn es frei wird, von dem einen Körper in den andern übergehen kann. Dieses System galt bis zu der Entdeckung der Gesetze der strahlenden Wärme, welche auf Resultate führte, welche (wenigstens in einer großen Anzahl von Fällen) denjenigen so ähnlich waren, welche man mit dem Lichte erhielt, daß man allgemein annahm, daß die Wärme von einer schwingenden Bewegung der Moleküle herrühre, welche durch die Vermittlung des Aethers auf die Moleküle der umgebenden Körper fortgepflanzt würde. Die Versuche und die Deduktionen des Th. Young, Fresnel, Arago, Melloni und Forbes haben mächtig dazu beigetragen, diese Meinung zu verstärken.

Um die Erscheinungen der Wärme methodisch zu untersuchen, erwägt man fünf Theile: 1) die Quellen, aus welchen sie entspringt; 2) die Fortpflanzung, welche von diesen Quellen auf die Körper stattfindet, welche in unmittelbarer Berührung mit denselben sind, oder sich in einer Entfernung von denselben befinden und die Gesetze dieser Fortpflanzung; 3) die Wirkungen, welche von der Wärme nach den verschiedenen Graden ihrer Intensität an den Körpern hervorgebracht werden; 4) das Maß dieser Wirkungen; 5) die Wirkungen der Wärme auf die Gase und die *Dämpfe.*

Unter den zahlreichen Quellen der Wärme, welche

ie Natur, die Physik und die Chemie zeigt,
man besonders die Sonne, die Erdwärme,
ternwärme, die mechanischen und chemischen
ngen, die elektrischen Entladungen und die Ca-
irkungen.
ir haben bis jetzt nichts über die Ursache er-
können, welche die Sonnenwärme hervorbringt;
at vor einigen Jahren die Meinung ausge-
n, daß sie wohl das Resultat elektrischer Strö-
n sein könnte, welche um den Sonnenkern cir-
, weil dieser Kern, nach den schon in den frü-
Zeiten angestellten Beobachtungen sich nicht
ert zu haben scheint. Nichts zeigt das Gegen-
nichts beweist aber auch, daß dem so sei; so
an sich damit begnügen muß, diese Hypothese
rmaßen einzuregistriren, um in dem Falle wieder
selbe zurückzukommen, wo die Entdeckung neuer
chen Veranlassung geben würde, sie einer neuen
ng zu unterwerfen. Unterdessen hat man ge-
die Wärmemenge zu messen, welche die Sonne
Verlaufe eines Jahres auf die Erde verbreitet.
Menge kann nach Pouillet so angesehen werden,
äre sie derjenigen gleich, welche erforderlich ist,
ie Eisschichte von 14 Meter Dicke, welche sie
bedeckte, zu schmelzen, und doch ist sie nur
$_{00000}$ der Wärme, welche nach allen Richtungen
sstrahlt.
lfach angestellte Versuche haben bewiesen, daß
dwärme in dem Verhältniß, als man in die
indringt, um 1 Grad nach dem Centesimal-
meter auf 30 bis 40 Meter zunimmt, und daß
rlichen Temperaturveränderungen, welche von
ärme erregenden Einflüssen der Atmosphäre her-
, dagegen bis auf eine gewisse Tiefe, wo sie
ehr wahrnehmbar sind, abnehmen. Man schreibt
lich die Zunahme der Erdtemperatur einer Cen-
rme oder Urwärme zu. Poisson hat diese Mei-

nung nicht angenommen; nach ihm besteht diese Wärme nur bis auf eine gewisse Tiefe und ist das Resultat der Erhitzung, welche die Erde, als sie in einer sehr entfernten Zeit durch Theile des Raumes flog, die sich in einer sehr hohen Temperatur befanden, erlitten hat. Dieser analytischen Deduktion kann man den Beweis entgegenstellen, welcher auf tausend geologischen Thatsachen beruht, daß die Erde, welche ursprünglich in einem glühenden Zustande gewesen ist, bis auf unsere Zeit eine Centralwärme behalten mußte, wie dies übrigens Fourier bewiesen hat.

Unter Sternwärme versteht man diejenige, welche alle Sterne ausstrahlen würden, wenn die Sonne, die Erde, die Planeten, d. h. unser Sonnensystem nicht wären. Die Temperatur, welche aus diesem Wärme erregenden Zustande hervorkäme, wäre nach Fourier geringer als die an den äußersten Grenzen der Atmosphäre und demnach geringer als die niedrigste Temperatur, welche auf der Oberfläche der Erde beobachtet wurde und welche — 60 Grade beträgt. Poisson hat die Temperatur des Raumes nur unter 13 Grade angenommen und die der Atmosphäre an ihrer Grenze auf einen weit niedereren Grad gesetzt. Wenn dem so wäre, so sieht man nicht ein, wie ein Medium, das sich zwischen zwei anderen befände, die eine höhere Temperatur als die seinige besitzen, beständig seinen Wärme erzeugenden Zustand behalten könnte.

Die mechanischen Wirkungen und überhaupt Alles, was die Molekülen erschüttert, wie Reibung, Druck, Stoß u. s. w., sind eben so viele Ursachen der Wärmeentwicklung. Diese Thatsache ist so allgemein bekannt, daß wir sie nur anzuführen brauchen.

Die chemischen Wirkungen erzeugen gleichfalls *warmmachende* Erscheinungen. Bei den Verbindungen *findet Wärmeentwicklung* Statt; bei den Auflösungen *ein Sinken* der Temperatur; die hervorgebrachten Er-

scheinungen hängen aber auch noch von verschiedenen Ursachen ab, unter welchen wir die Verschiedenheit der Wärmecapacität der sich bildenden Zusammensetzung und ihrer Elemente anführen. Die Wärmeentwicklung beim Verbrennen und im Allgemeinen bei den chemischen Wirkungen hat die Aufmerksamkeit der Chemiker und der Physiker, welche eine der Grundlagen der neueren Chemie daraus gemacht haben, besonders auf sich gezogen; die Wärme ist aus dem nämlichen Gesichtspunkte von denen betrachtet worden, die sich mit der elektrochemischen Theorie abgaben.

Die elektrischen Entladungen bringen jedesmal Wärme hervor, wenn die Elektricität Schwierigkeiten findet, in den Körpern zu cirkuliren.

Endlich machen die Capillarerscheinungen, wie alle Molekularwirkungen, Wärme frei. Diese Entwicklung bringt bisweilen eine Erhöhung von 1 bis 2 Grade hervor; gewöhnlich beträgt sie aber nur Brüche von einem Grade.

Von der Fortpflanzung der Wärme durch Ausstrahlen und durch unmittelbare Berührung.

Die Fortpflanzung der Wärme durch Ausstrahlen und durch den Contakt, oder durch unmittelbare Fortpflanzung, ist der Gegenstand zahlreicher Forschungen gewesen, welche ihre Urheber auf die Entdeckung wichtiger Gesetze geleitet haben. Das Ausstrahlen der Wärme ist, wie das Licht, den Gesetzen der Reflexion, der Brechung und der Polarisation unterworfen.

Um die Wirkungen des Ausstrahlens zu beobachten, wendet man Apparate an, die man Thermoskope nennt, von denen später die Rede sein wird, oder man gebraucht auch wohl thermoelektrische Säulen in Verbindung mit einem Multiplikator.

Die Reflexion der Wärme beobachtet man vermittelst zweier sphärischen Spiegel, die so gestellt sind,

daß, wenn man in den Brennpunkt des einen derselben einen erwärmten Körper und in den Brennpunkt des andern einen Thermometer bringt, dieser letztere die Wirkungen des Ausstrahlens anzeigt, welche in dem leeren Raume, wie in der Luft, die nämlichen sind. Was die Geschwindigkeit der strahlenden Wärme anbetrifft, so weiß man, daß sie sehr groß ist; bis jetzt ist sie aber nicht bestimmt worden; in Beziehung auf ihre Dichtheit, so ist sie, wie die des Lichtes, in dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung verschieden. Man beweist dieses Gesetz vermittelst des Thermoskops oder Differenzialthermometers.

Die ausgestrahlte Wärme der auf der Erde befindlichen dunkel warmen Körper unterscheidet sich von der Sonnenwärme in Beziehung auf die Wirkung, die sie auf die durchsichtigen Substanzen ausübt, gänzlich. Mariotte ist der Erste, welcher diesen Unterschied angegeben hat. Als dies Scheele untersuchte, so fand er, daß die Wärme der auf der Erde befindlichen Körper von den Gläsern und den andern durchsichtigen Substanzen, deren Temperatur sie erhöht, aufgefangen wird, während die Sonnenwärme durch eben diese Körper hindurchgeht, ohne die Temperatur derselben zu modificiren. In dem ersten Falle wird sie fühlbare Wärme; in dem zweiten bleibt sie strahlende Wärme.

De la Roche, welcher diese Frage mit großem Scharfsinne behandelte, hat bewiesen, daß die Absorption der Erdwärme nur dann vollständig sei, wenn sich die Quelle der Wärme auf einer niedrigen Temperatur befindet; daß, wenn diese hoch wäre, die strahlende Wärme die Fähigkeit erlange, durch das Glas zu gehen und dies um so leichter, je höher die Temperatur sei. Daraus mußte man den Schluß machen, daß die auf der Erde befindliche Wärme und die Sonnenwärme sich nur hinsichtlich der Intensität

einander unterscheiden. Er entdeckte sodann, daß
trahlende Wärme bei ihrem Durchgange durch
durchsichtige Platte in derselben eine gewisse Mo-
tion erleide, die sie mehr oder minder geschickt
e, durch diese oder jene durchsichtige Substanz
epflanzt zu werden. Die so mannigfaltigen Er-
ungen des Strahlens ließen sich erst dann erklä-
als Prevost aus Genf eine Theorie herausgab,
e den Forderungen der Wissenschaft entspricht.
: Theorie beruht auf folgendem Principe: Alle
er strahlen unaufhörlich Wärme nach allen Rich-
n hin aus und absorbiren gleichfalls die, welche
ndern Körpern ausgestrahlt wird, bis eine Gleich-
der Temperatur unter ihnen stattfindet: durch
gegenseitigen Austausch tritt derjenige, welcher
hat, seinen Ueberfluß an denjenigen ab, wel-
weniger hat. Indem man sich auf dieses Prin-
ützte, konnte man den Thau und andere me-
logische Erscheinungen erklären, die bis dahin
erklärt werden konnten.

Die Wärme, welche durch gewisse feste oder liquide
er hindurchgeht, ist der Gegenstand interessanter
hungen Melloni's gewesen, welcher mit Hülfe
hermoelektrischen Säule und des Multiplikators
, daß die strahlende Wärme, welche von der
me einer sogenannten Locatelli'schen Lampe
m, augenblicklich durch die durchsichtigen Mittel
epflanzt wurde; daß, wenn man auf ihrem Wege
len von Alaun, von Steinsalz oder Bergkrystall
einer gemeinschaftlichen Dicke von 3 bis 4 Mil-
ern dazwischen stellte, diese Platten nicht die
liche Menge strahlender Wärme fortpflanzen. Als
oni statt des Alauns ein Stück schwarz gemach-
Bergkrystall von weit größerer Dicke nahm, so
er, daß dieser letztere, obgleich dicker und nicht
urchsichtig wie der andere, die größere Menge
Wärmestrahlen durchließ und daß die Durchsich-

tigkeit der Körper in Beziehung auf die strahlende Wärme von der eigentlichen Durchsichtigkeit verschieden sei.

Als Melloni statt der Flamme einer Lampe weißglühendes Platin nahm und zu dem Versuche eine Platte Alaun, Steinsalz und eine andere von Bergkrystall gebrauchte, so fand er, daß der Alaun keinen von den ausgestrahlten Wärmestrahlen, daß der Bergkrystall nur eine gewisse Menge derselben und daß das Steinsalz eine gedoppelte Menge durchlasse. Nun ist der Alaun eine vollkommen durchsichtige Substanz, welche strahlende Wärme von einem weißglühenden Platinaschwamme durchaus nicht durchläßt. Melloni nannte diathermanisch solche Körper, welche die strahlende Wärme durchlassen, und athermanisch diejenige, welche diese Eigenschaft nicht besitzen, wovon der Alaun ein Beispiel abgibt. Als er den Glanz, die Dicke und die Natur der Platten veränderte, so wurde er auf folgende, allgemeine Thatsachen geführt:

1) Je vollkommener der Glanz ist, desto beträchtlicher ist bei übrigens gleichen Umständen die Wärmemenge, welche durch die Platten geht.

2) Die Wärmemenge, welche durch die Platten von gleicher Dicke und verschiedener Natur geht, ist sehr verschieden, weil der geschwärzte Bergkrystall mehr davon durchgehen läßt, als der farblose, weil das Steinsalz der Körper ist, welcher am meisten davon durchgehen läßt und der Alaun am wenigsten.

3) Die durch eine Platte gehende Wärmemenge nimmt in dem Verhältnisse ab, wie ihre Dicke zunimmt, hievon ist jedoch das Steinsalz ausgenommen.

4) Wenn zwei Platten aufeinander gelegt werden, so ist ihre Wirkung geringer als die, welche eine einzige Platte besitzt, die eben so dick ist, als es die auf einander gelegten Platten mit einander sind.

5) Bei der Aufeinanderlegung mehrerer Platten

von gleicher oder von verschiedener Natur ist die hervorgebrachte Wirkung von der Ordnung der Uebereinanderlegung unabhängig.

6) Wenn man auf eine und dieselbe Platte einen Büschel von gleicher Intensität, der aber von verschiedenen Quellen herrührt, fallen läßt, so sind die fortgepflanzten Wärmemengen um so kleiner, je geringer die eigenthümliche Temperatur einer jeden Quelle ist; die Differenz ist um so kleiner, je dünner die Platten sind.

7) Die strahlende Wärme, welche durch eine diathermanische Substanz gegangen ist, ist mehr oder weniger fähig, durch andere Substanzen fortgepflanzt zu werden.

8) Wenn die strahlende Wärme durch eine ähnliche Platte geht, so erleidet sie an ihren beiden Oberflächen Reflexionen, welche sie um 0,077 ihrer anfänglichen Intensität bringen.

9) Die fortgepflanzte Wärmemenge entspringt endlich aus der Totalsumme der Strahlen, welche herauskommen, nachdem sie zwei, vier, sechs Reflexionen u. s. w. erlitten haben; die Strahlen aber, welche nach vier, sechs Reflexionen herauskommen, haben eine so geringe Intensität, daß man sie außer Acht lassen kann, obgleich ihre Anzahl so zu sagen unendlich groß ist.

Melloni's Versuche zwecken ferner dahin ab, zu beweisen, daß die strahlende Wärme, die von einer Wärmequelle ausströmte, aus verschiedenen Arten von Strahlen in veränderlichen Verhältnissen bestehe, so wie das Licht aus farbigen Strahlen zusammengesetzt ist, und daß es Substanzen gebe, welche gewisse Strahlen durchlassen, und andere, welche sie aufhalten.

Da die Wärme, wie das Licht, reflektirt wird, so mußte man erforschen, ob sich das reflektirende Vermögen mit der Beschaffenheit der Oberfläche und

der Natur des Körpers verändere; der Versuch hat bewiesen, 1) daß dieses Vermögen um so größer sei, je polirter die Oberfläche ist; 2) daß die Natur des Körpers einen großen Einfluß auf dieses Vermögen ausübe. Aus Leslie's, Melloni's und Rumfort's Versuchen erhellt, daß im Allgemeinen das reflektirende Vermögen bei den Metallen weit beträchtlicher, als bei den andern Körpern ist, während es bei dem Ruße Null und bei dem geölten Glase sehr schwach ist. Sie haben ferner gefunden, daß die Intensität des reflektirten Strahles mit der Neigung verschieden ist; daß sie sich in ihrem Minimum unter dem normalen Einfallen befinde, und daß sie in dem Verhältnisse zunehme, als sich der einfallende Strahl der Oberfläche nähert, und daß sich endlich das reflektirende Vermögen mit der Quelle der Wärme für alle Körper, mit Ausnahme der Metalle, verändert.

Außer dem reflektirenden Vermögen hat man auch noch das ausstrahlende und das absorbirende Vermögen untersucht. Das Ausstrahlungsvermögen ist jene Eigenschaft eines erwärmten Körpers, durch Ausstrahlen Wärme auszusenden; dieses Vermögen ist mit der Neigung des Strahls auf die Oberfläche verschieden und bei gleicher Neigung nicht bei jedem Körper dasselbe. Das absorbirende Vermögen ist die Eigenschaft eines Körpers, Wärme einzusaugen, die auf ihn durch das Ausstrahlen fortgepflanzt wurde.

Fourier hat bewiesen, daß die Intensität der Wärme, welche von einer Oberfläche ausgesendet wurde, dem Sinus des Winkels proportional sei, den die Richtung dieses Strahles mit der Ebene bildet. Leslie und Melloni haben gleichfalls das ausstrahlende Vermögen der Körper bestimmt, das das Umgekehrte *von dem reflektirenden* Vermögen ist; *die Metalle haben das schwächste* und der Ruß *das stärkste Vermögen.*

Das absorbirende Vermögen ist wie das aus

strahlende verschieden und beide sind in dem Falle eines Gleichgewichts in der Temperatur oder in Beziehung auf eine und dieselbe Differenz zwischen der Temperatur des Körpers und der des umgebenden Mittels gleich. Dieses Vermögen ist von Leslie und Melloni für einige Substanzen bestimmt worden. Melloni hat überdies gefunden, daß die absorbirenden Vermögen mit den Wärmequellen verschieden seien.

Die Wärme besitzt außer der Eigenschaft, von einem Körper reflektirt, ausgestrahlt und absorbirt zu werden, auch noch, wie das Licht, die, polarisirt zu werden; Thatsachen, welche dazu beitragen, seine Identität mit demselben zu begründen. Die Polarisation der Wärme ist zuerst im Jahre 1810 von Berard angezeigt, sodann nach der Reihe von Powell, Melloni und Nobili in Zweifel gezogen und im Jahre 1834 von Forbes vermittelst Turmalinplatten oder Glimmersäulen wieder anerkannt worden. Die größte Menge polarisirter Wärme, die er mit einem Systeme von Glimmersäulen erhielt, war 0,4 der Wärme, die von einer weißglühenden Platinspirale ausströmte. Als Melloni diese Frage aufs Neue vornahm, so fand er gleichfalls die Polarisation der Wärme und untersuchte alle Eigenschaften derselben auf das Sorgfältigste. Er wandte die nämlichen Apparate, deren er sich bei dem Ausstrahlen der Wärme bedient hatte, und überdies noch ein System von zwei Turmalinen an. Aus seinen Versuchen geht hervor, daß bei einer Flamme von einer Lampe ohne Glas, die Absorption mit der Natur der Turmaline von 0,0371 bis 0,22 verschieden ist. Die dunkelgrünen und fahlgelben Turmaline geben die äußersten Grenzen ab.

Alle mathematische Fragen in Beziehung auf die Fortpflanzung der Wärme in den Körpern, die unter dem Einflusse von äußeren Ursachen der Erwärmung und der Abkühlung stehen, sind von Fourier gelöst und sodann von Laplace und Poisson weiter ausge-

führt und vervollständigt worden. Vermittelst der mathematischen Analysis konnte man die Bedingungen feststellen, von welchen die Erhaltung der wirklichen Temperatur der Erdoberfläche, sowie der Einfluß, den die Centralwärme auf unsere Klimate haben kann, und die Summe von Wärme abhängt, die wir in jeder Jahreszeit von der Sonne erhalten.

Wir wollen jetzt zu der Fortpflanzung der Wärme durch Contakt und demnach zu ihrer Fortpflanzung in die Körper übergehen. Wenn ein fester, erwärmter Körper mit einem andern im Contakte ist, der eine niederere Temperatur besitzt, so tritt der erste an den zweiten einen Theil seiner Wärme ab, die sich von Moleküle zu Moleküle durch Ausstrahlen fortpflanzt, indem sie an Intensität und um so schneller abnimmt, je ein besserer Leiter der Körper ist, der erwärmt wird. Begreiflich wird in einem gewissen Augenblicke die Temperatur eines jeden Punktes constant, obgleich sie von einem Punkte zu einem andern verschieden ist; dieser Gleichgewichtszustand findet Statt, wenn jede ideale Schnitte eben so viele Wärme an die nachfolgende Schichte abtritt, als sie der vorhergehenden Schnitte entzieht. Das Gesetz der Fortpflanzung ist dasjenige, welches angibt, wie die Wärme von einer Schnitte zur andern verschieden sei. Wenn man eine Metallstange betrachtet, welche so dünn ist, daß man alle Punkte einer und derselben Schnitte so ansehen kann, als besitzen sie die nämliche Temperatur, und wenn sie eine hinreichende Länge hat, so daß der Heerd der Wärme, in welchem sich einer ihrer Endpunkte befindet, durch unmittelbares Ausströmen auch nicht den geringsten Einfluß auf das andere Ende äußert, so beweist man, daß in Beziehung auf entfernte Punkte, auf solche, deren Entfernung von der Wärmequelle eine arithmetische Progression bildet, die *Temperaturüberschüsse* der Punkte in einer geometrischen Progression abnehmen. Der Grund dieser Pro-

gression läßt sich leicht aus der Leitbarkeit der Stange, von welcher er abhängt, ableiten. Durch dieses Verfahren hat Despretz das Leitungsvermögen einer gewissen Anzahl von Körpern bestimmt. Zuerst kommen die Metalle, sodann der Marmor, das Porzellan ꝛc. und endlich die Substanzen, die aus sehr feinen Fasern bestehen, wie Baumwolle, Wolle, Stroh u.s.w. Was das Holz anbetrifft, so haben de la Rive und Marcet gefunden, daß die Leitbarkeit, die senkrecht auf die Fasern geht, geringer ist, als nach der Richtung der Fasern, und daß man die Holzarten in Beziehung auf ihr Leitungsvermögen folgendermaßen ordnen könne: Nußbaum, Eiche, Tanne, Pappel, Kork.

Die tropfbar flüssigen Körper sind im Allgemeinen schlechte Wärmeleiter; man war der Meinung, daß sie sich in denselben nicht durch das Ausstrahlen von Moleküle zu Moleküle, wie bei den festen Körpern, sondern durch das Platzmachen aufeinanderfolgender Schichten fortpflanze, welche, da sie ungleich erwärmt werden und demnach keine gleiche Dichtheit besitzen, sich unaufhörlich mit einander vermengen. Da man aber seitdem gefunden hatte, daß, wenn man einen erwärmten Körper an die Oberfläche eines liquiden Körpers brachte, auf dessen Boden sich ein Thermometer befand, auf diesen ein Einfluß ausgeübt wurde, so mußte man daraus schließen, daß eine Fortpflanzung der Wärme stattgefunden habe, weil keine Platzveränderung der Flüssigkeit vorhanden war. Es wäre indessen möglich gewesen, daß die Erscheinung von der Fortpflanzung der strahlenden Wärme herrührte, die von der Quelle ausströmte. Dem sei nun wie ihm wolle, diese Mittheilung der Wärme von oben nach unten ist sehr schwach; andere Versuche gehen auch dahin, die Molekularfortpflanzung annehmen zu lassen. Die Frage blieb da stehen, als sie Despretz im Jahre 1839 wieder aufnahm und durch Versuche folgen

Thatsachen erwies: 1) ein liquider Cylinder von einem Meter Höhe, und 0,218 Meter im Durchmesser, der an seinem oberen Theile von einer constanten Wärmequelle eine hinreichend lange Zeit erwärmt wird, zeigt einen constanten thermometrischen Zustand; 2) die Temperaturen der Punkte, welche von der Achse gleichweit abstehen und von denen die Temperatur der umgebenden Luft abgezogen ist, geben eine abnehmende geometrische Progression, wie dies bei einer festen, gehörig langen Stange der Fall gewesen wäre; 3) zwei Cylinder von verschiedenem Diameter leiten auf folgendes Resultat:

Die Logarithmen der Quotienten der beiden geometrischen Progressionen stehen im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Durchmesser. So wie diese Resultate bekannt gemacht wurden, machte man Despretz den Einwurf, daß diese Erscheinungen von der Wirkung der Wände herrühren; er stellte alsdann neue Versuche an und zeigte, daß die Wände kälter, als die Flüssigkeit, seien, und überdies, daß, da die Temperatur vom Mittelpunkte gegen die Peripherie hin abnehme, die Wärme von der Flüssigkeit durch die Wände entweiche und nicht von den Wänden auf die Flüssigkeit übergehe.

Die strahlende Wärme geht durch die Gase, wie durch die liquiden Körper durch das Verrücken der Theile, die, wenn sie warm werden, in den obern Theil aufsteigen, und sich mit denen vermischen, welche sie antreffen. Diese Platzveränderungen gehen um so schneller vor sich, je geringere Dichtheit die Gase besitzen; was die Molekularausstrahlung anbetrifft, so ist sie außerordentlich schwach.

Von den Gesetzen der Erwärmung und des Erkaltens der Körper.

Wenn ein erwärmter Körper in irgend ein Me-

ebracht wird, deſſen Temperatur geringer als
ige iſt, ſo kühlt er ſich nach verſchiedenen Um-
, die wir ſogleich angeben werden, in einer
n oder kürzeren Zeit ab. Denken wir ihn
rſt im leeren Raume, ſo rührt die Abkühlung
nd allein von dem Ausſtrahlen her; befindet
in der Luft oder in einem Gaſe, ſo kühlt er
t bloß, wie in dem leeren Raume, ab, ſon-
ch noch wegen ſeines Contaktes mit den um-
n Gaſen, welche ihm nach und nach die Wärme
n.

Abkühlungsgeſetze der Körper ſind der Gegen-
er Forſchung einer großen Anzahl von Phyſi-
weſen; Newton hat ſich zuerſt damit beſchäf-
r hatte als Grundſatz aufgeſtellt, daß in jedem
licke die Menge der von einem Körper verlor-
ärme dem Ueberſchuſſe der Temperatur dieſes
s über die des umgebenden Mittels proportio-
; dieſes Geſetz beſtätigt ſich aber nur bei
aturverſchiedenheiten, die nicht nicht über 20°
' gehen: als Richmann die Ungenauigkeit des-
gezeigt hatte, ſo ſtellte er ein anderes auf,
elchem die Temperatur ſchneller abnahm als
m Newton'ſchen Geſetze.

lton ſtellte Verſuche an, die das Richmann'ſche
beſtätigen ſollten; de la Roche erhob es zum
atze, daß der Verluſt der Wärme ſich nach
chnelleren Progreſſion richte, als nach dem
huſſe der Temperatur des Körpers über die
igebenden Mittels: endlich gaben im Jahre
etit und Dulong ein vollſtändiges Werk über
ſetze der Abkühlung der liquiden Körper in
eren Raume und in den Gaſen heraus; dieſe
haben auf nachfolgende Folgerungen geleitet:
tur der Oberfläche hat keinen Einfluß auf die
verluſte, welche von dem Contakte der Gaſe
herrühren. Bei einem und demſelben Gaſe ſind

unter demselben Drucke aber bei verschiedenen Temperaturen die Wärmeverluste bei den nämlichen Temperaturverschiedenheiten dieselben.

Wenn die Elasticität des Gases sich in einer geometrischen Progression verändert, so verändert sich auch die Geschwindigkeit des Abkühlens in einer geometrischen Progression; ist das Verhältniß der Progression 2, so ist das zweite 1,366 für die Luft, 1,301 für den Wasserstoff, 1,431 für die Kohlensäure, 1,415 für das ölerzeugende Gas.

Diese Gesetze werden nur auf feste Körper von kleiner Dimension angewandt; so verhält es sich aber nicht bei den liquiden Körpern, weil die Temperatur derselben so angesehen werden kann, als sei sie in allen Punkten in jedem Augenblicke wegen der untern Bewegungen, die von der Mischung der Theile herrühren, welche nicht die nämliche Temperatur besitzen, die nämliche, was bei den festen Körpern mit großen Dimensionen nicht der Fall sein kann. In diesem Falle hängt die Temperaturveränderung von verschiedenen Ursachen, unter andern von der Leitungsfähigkeit ab.

Von der Ausdehnung der Körper; von den Thermometern.

Jedesmal wenn ein Körper Wärme erhält oder verliert, so vergrößert oder verkleinert sich sein Volumen; einige Körper machen jedoch eine Ausnahme hievon, wenn sie ihren Zustand verändern, dahin gehören das Wasser, das Gußeisen, das Eisen und der Wismuth.

Die Ausdehnung fester Körper, deren Wirkungen die Künste so stark angehen, ist von Laplace, Lavoisier, Ramsden, Roy, Petit und Dulong sorgfältig untersucht worden. Die beiden Ersteren hatten bewiesen, daß sich die Körper von 0° bis 100° gleichförmig

ausdehnen. Petit und Dulong, welche mehr Genauigkeit in ihre Versuche brachten, haben gefunden, daß bei einem und demselben Grade die Ausdehnung mit der Temperatur wachse, daß aber von 0° bis 100° dieses Wachsen unwahrnehmbar sei, und daß es von 0° bis 300° beträchtlich werde. Man erwägt drei Arten von Ausdehnungen: Ausdehnung in die Länge, oder Längenausdehnung, Flächenausdehnung und Körperausdehnung. Die Flächenausdehnung ist das Doppelte der ersten und die Körperausdehnung ist das Dreifache davon.

Die liquiden Körper dehnen sich durch die Einwirkung der Wärme wie die festen Körper aus und ziehen sich zusammen; auf diese Eigenschaft gründen sich die Thermometer, Werkzeuge, die dazu bestimmt sind, die verschiedenen Mengen wahrnehmbarer Wärme, welche die Körper besitzen, zu vergleichen.

Galilei scheint zuerst den Gedanken von diesem Instrumente gehabt zu haben; man findet in dieser Beziehung folgende Stelle in der Geschichte der mathematischen Wissenschaften in Italien von Libri:

„Der Thermometer des Galilei bestand aus einer „gläsernen Röhre mit einem kleinen Durchmesser, „die an einem Ende offen war und sich am andern „Ende in eine Kugel endigte. Nachdem man ein „wenig Wasser in dieselbe gethan hatte, so brachte „man das Ende der Röhre in eine senkrechte Stel„lung; der Druck der Luft hielt die Flüssigkeit in „der Röhre zurück und der Thermometer war fertig."

Wenn man einen erwärmten Körper an die Kugel des Instrumentes brachte, so dehnte sich die Luft aus und erwärmte die Flüssigkeit, die sich in dem oberen Theile befand, welche alsdann in die Röhre herab und durch das Abkühlen wieder hinaufstieg. Dieses Instrument, das wirklich nur ein Thermoskop war, wurde von Galilei im Jahre 1597 verfertigt. Dieser

große Physiker machte seine Wirkungen dem P. Castelli im Jahre 1603 bekannt. Sagredo, ein Freund des Galilei stellte im Jahre 1613 zu Venedig meteorologische Beobachtungen mit diesem Instrumente an. Wie dem nun auch sei, so schrieb man die Erfindung des Thermometers dem Baco, Fludd, Drebbel, Sanctorius, Sarpi zu. Wenn man aber die Data vergleicht, auf welche sich die Erfindung bezieht, welche von jedem der Prätendenten gemacht wurde, so findet man, daß sie alle später als das Jahr 1597 sind. Wir wollen jetzt zu den Vervollkommnungen übergehen, welche dieses Instrument nach und nach erhalten hat.

Drebbel bediente sich, wie man sagt, der Ausdehnung der Luft zu Messung der Temperaturveränderungen: die Akademiker von Florenz nahmen Alkohol anstatt der Luft, damit die Angaben des Instruments nicht mehr unter dem Einflusse des atmosphärischen Druckes stehen und gaben ihm die bekannte Gestalt. Bayle brachte den Behälter in den unteren Theil, um das Instrument in eine Flüssigkeit tauchen zu zu können. Zum festen Temperaturpunkt nahm er das Flüssigwerden des Anisöles; Halley und Amontons die Temperatur des siedenden Wassers an; Newton nahm anstatt des Alkohols Leinöl, und zu festen Punkten bestimmte er das schmelzende Eis und das Kochen des Wassers. Römer nahm Queckfilber statt des Alkohols und nahm die Skale an, die unter dem Namen der Fahrenheit'schen bekannt ist. Zum Nullpunkte wählte er die stärkste Kälte Islands und nahm die nämlichen festen Punkte mit Newton an. Dieser Thermometer war in 212 Theile getheilt; der Punkt des schmelzenden Eises entsprach dem 32. Grade dieser Eintheilung. Reaumur theilte den Zwischenraum zwischen den beiden festen Punkten in 80 Theile ein, und seit der Annahme des Dezimalsystems hat man die Eintheilung in 100 Theile angenommen

Fahrenheit fand, daß die Gränze des kochenden Waſſers mit dem Drucke der Luft verſchieden ſei.

Als Petit und Dulong den Gang des Queckſilberthermometers mit dem des Luftthermometers verglichen, ſo erhielten ſie folgende Reſultate:

Gewöhnlicher Queckſilber-Thermometer	Luftthermometer mit der Correktion des ausgedehnten Glaſes	Differenz
100°	100° . . .	0
150°	148,70 . . .	1,30
200°	197,05 . . .	2,95
250°	245,05 . . .	4,95
300°	292,70 . . .	7,30
360° Kochen des Queckſilbers	350 . . .	10,00

Ganz neue Verſuche, die von Regnault angeſtellt wurden, haben ſehr verſchiedene Reſultate gegeben. Dieſem Phyſiker zufolge ſtimmen der Queckſilber- und der Luftthermometer beinahe ganz genau zwiſchen Null und 100° mit einander überein, wie dies Gay-Luſſac gefunden hat. Die beiden Thermometer gehen noch ziemlich übereinſtimmend von 100° bis zu 250°; erſt von dieſem Punkte aus gewinnt der Queckſilberthermometer einen Vorſprung vor dem andern. Bei 300 Graden beträgt die Differenz ungefähr 1 Grad; bei 325° 1°,75, bei 350° 3°. Wie darf man nun annehmen, daß Petit und Dulong, die ſo genau, ſo pünktlich in ihren Verſuchen waren, Urſachen zu Irrthümern nicht in Anſchlag gebracht haben, die ſo auffallende Verſchiedenheiten mit denen herbeiführten, welche zwiſchen ihren Reſultaten und den ſoeben angeführten ſtattfinden?

Regnault hat wichtige Thatſachen nachgewieſen, deren Anführung wir hier nicht weglaſſen können. Zwei Queckſilberthermometer, die mit dem Null- und dem Siedpunkte übereinſtimmten, ſtimmen nicht in allen Punkten der Skale überein, wie man glaubte.

Diese Differenzen betreffen bisweilen mehrere Grade, wenn die beiden Thermometer nicht aus der nämlichen Glasart verfertigt wurden. Daraus geht hervor, daß die Queckſilberthermometer, die zu genauen und Vergleichungsverſuchen beſtimmt ſind, nicht bloß in Beziehung auf die feſten Punkte der Skale, ſondern auch in hohen Temperaturen verglichen werden müſſen.

Wir wollen zu andern Thermometern übergehen.

Da ſich nicht alle Körper dem nämlichen Ausdehnungsgeſetze unterwerfen, ſo folgt daraus, daß Thermometer, welche aus verſchiedenen Subſtanzen verfertigt ſind, nicht die nämliche Temperatur anzeigen können, wenn ſie in die nämlichen Wärme erregenden Umſtände verſetzt ſind, wie dies übrigens die folgende Tabelle anzeigt.

Temperaturen, die unter den nämlichen Umſtänden von verſchiedenen Thermometern angezeigt werden, wenn ein Grad ein Hunderttel von der totalen Ausdehnung von dem ſchmelzenden Eiſe bis zum Sieden beträgt.

Luftthermometer	300°
Glasthermometer	352,9
Eiſenthermometer	372,6
Kupferthermometer	329
Platinthermometer	311,6
Queckſilberthermometer mit Correktion der Ausdehnung des Glaſes	314,15
Gewöhnlicher Queckſilberthermometer . .	307,8

Was den Weingeiſtthermometer anbetrifft, ſo iſt ſein Gang von dem des Queckſilberthermometers verſchieden, da die Ausdehnung dieſes letzteren Metalles ſich nicht nach dem nämlichen Geſetze, wie die des Alkohols richtet. Man benützt gewöhnlich dieſes Inſtrument zur Beſtimmung ſehr niedriger Temperaturen, welche der Queckſilberthermometer nicht mehr anzeigen

kann, wenn man zu dem Gefrierpunkte des Queckſilbers gelangt.

Die Luftthermometer dienen nur dann zu genauen Verſuchen, wenn man ſehr hohe und ſehr niedere Temperaturen, beſonders gegen — 40° und darunter zu meſſen hat, weil das Queckſilberthermometer nur bei Temperaturen gebraucht werden kann, die ſich in der Nähe des Gefrierpunktes des Queckſilbers befinden, und weil man überdies das Ausdehnungsgeſetz des Weingeiſtes nach dieſem Punkte nicht kennt.

Wir enthalten uns hier, alles das anzuführen, was die Verfertigung der Thermometer anbetrifft, da es in dieſer Einleitung keinen Platz finden kann, welche nur die allgemeinen Geſetze und die hauptſächlichſten Thatſachen enthalten ſoll, die zur Einführung dieſer Inſtrumente gedient haben.

Die Null der Thermometerſkale, welche den Grad des ſchmelzenden Eiſes anzeigt, iſt nicht feſt. Flaugergue hat im Jahr 1823 gefunden, daß ſie ſich mit der Zeit verrücke und um einen Bruch von einem Grade höher ſtehe. Bellani, welcher den Gang dieſer Erſcheinung unterſuchte, fand, daß dieſe Verrückung ungefähr zwei Jahre lang zunehme und ſodann aufhöre. Man kann dieſe Wirkung nur der Langſamkeit der Moleküle der erwärmten Glasröhre, in Annahme ihrer Gleichgewichtslage zuſchreiben. Als Legrand dieſe Erſcheinung aufs Neue unterſuchte, ſo wurde er auf mehrere intereſſante Thatſachen geleitet, die wir hier nicht anführen können, aus welchen aber erhellt, daß die Verrückung der Null bei den gewöhnlichen Temperaturen mit dem Kryſtalle nicht ſtattfindet, daß ſie gleichfalls vorkommt, wenn der Thermometer offen iſt und daß ſie dem Schwinden des Glaſes zugeſchrieben werden müſſe, wenn ein plötzliches Abkühlen der Röhre ſtattgefunden hat. Demzufolge müßte man die Behälter aus Kryſtall machen und jedesmal, wenn man hohe Temperaturen beobachtet, bei jeder Oye-

ration darauf Acht haben, die Null der Skale zu prüfen. Als Despretz gleichfalls diese Frage sorgfältig untersuchte, so fand er, daß die Null des Thermometers in dem Verlaufe der Versuche selber Schwingungen erleide. Wird dieses Instrument in einer niedern Temperatur, wie — 20°, eine gewisse Zeit lang erhalten, so steigt die Null; wird hingegen das Instrument in einer hohen Temperatur erhalten, so sinkt die Null. In beiden Fällen kehrt die Null nicht unmittelbar an den ursprünglichen Punkt zurück, obgleich der Thermometer in Eis auf Nullgrad gehalten wird. Despretz hat aus dieser letzteren und anderen ähnlichen Thatsachen die Folgerung abgeleitet, daß jedesmal, wenn die Moleküle eines festen Körpers durch irgend eine Kraft verrückt worden sind, diese nicht unmittelbar ihre Lage wieder einnehmen, wenn diese Kraft zu wirken aufhörte.

Außer den so eben angeführten Thermometern gebraucht man auch Thermoskope, Differenzialthermometer, welche dazu dienen, schwache Temperaturveränderungen anzuzeigen. Das Rumfort'sche Thermoskop besteht aus einer Haarröhre, deren beide senkrecht gekrümmte Ende sich in zwei verschlossene Kugeln von gleicher Dimension endigen und mit Luft angefüllt sind; eine kleine Queckfilbersäule wird in die horizontale Röhre gebracht; der Apparat wird so gestellt, daß sich die Queckfilbersäule, welche zum Zeiger dient, in der Mitte befindet; wenn die beiden Kugeln gleiche Temperatur besitzen, so dehnt sich gleich im Augenblicke, wo eine von den Kugeln mehr Wärme als die andere erhält, die in ihr enthaltene Luft aus und der Zeiger wird in die andere Kugel getrieben. Man theilt die Thermoskope in Grade ein und nimmt zum Ausgangspunkt den Punkt an, wo sich der Zeiger befindet, wenn die beiden Kugeln eine gleiche Temperatur haben: und taucht eine von den Kugeln in Wasser, dessen Temperatur so wie die der Luft be-

kannt ist; man bemerkt die Punkte, wo der Zeiger stehen bleibt und theilt den Zwischenraum zwischen den beiden Punkten in gleiche Theile ein; jede Eintheilung drückt eine Funktion der Differenz zwischen der Temperatur des Wassers und der der Luft aus.

Leslie, welcher zu gleicher Zeit mit Rumfort auch ein Thermoskop erfand, dem er den Namen Differenzialthermometer gab, überzog eine von den Kugeln mit einer Gold- oder Silberschichte, damit die Wärmestrahlen, welche auf dieselbe fallen könnten, reflektirt würden. Dieser Apparat kann dazu dienen, genaue Maße zu erhalten.

Die Metallthermometer werden nicht häufig gebracht; ihre Form ist sehr mannigfaltig; das allgemeine Princip beruht auf der Verlängerung eines Metallstreifens, der an einem seiner Endpunkte an einem Körper befestigt ist, dessen Ausdehnung weit geringer als die seinige ist, und dessen anderes Ende auf einem Systeme von Streifen ruht, die in dem Verhältnisse, als sich der Streifen ladet, den Zeiger eines Zifferblattes in Bewegung setzen, dessen Eintheilungen in Funktionen der Grade eines gewöhnlichen Thermometers ausgedrückt sind. Breguet verdankt man einen Metallthermometer von sehr großer Empfindlichkeit; er besteht aus drei Metallstreifen von ungleicher Ausdehnbarkeit (Gold, Silber, Platin), die auf eine unveränderliche Weise unter sich verbunden sind und eine cylindrische Schraubenlinie bilden; die Streifen sind so angebracht, daß derjenige, welcher sich am wenigsten ausdehnt, in der Concavität der Krümmung liegt. Das eine Ende dieser Schraubenlinie ist fest gemacht, und das andere mit einer Nadel versehen, welche durch ihre Bewegungen anzeigt, um wieviel sich das System in Folge der Temperaturveränderungen und der Ungleichheit der Ausdehnung des Platins und des Silbers zusammen- oder aufgedreht hat. Diese Streifen sind durch einen

starken Druck miteinander vereinigt; doch hätte Breguet die Goldstreifen weglassen können. Der Versuch beweist, daß die von der Nadel beschriebenen Bögen den Temperaturwechseln proportional sind; nichts ist einfacher, als den Gang dieses Thermometers mit dem des gewöhnlichen Thermometers zu vergleichen. Borda wandte bei Messung eines Bogens des Meridians in Frankreich einen sehr einfachen Metallthermometer an, dessen Beschreibung man in dem Traité de Physique de M. Péclet T. I. pag. 541 finden kann.

Um in Künsten und Gewerben die Temperatur der Oefen zu bestimmen, bedient man sich der Pyrometer, welche metallisch oder nichtmetallisch sind. Der einfachste Metallpyrometer besteht aus einer gebrannten Thonmasse, welche eine Rinne hat, in welche eine Metallstange paßt, die an einem Ende festgemacht ist, und deren anderes Ende sich an einen kleinen Hebel anlehnt, der sich um einen festen Punkt bewegt und dessen Ende sogleich ein eingetheiltes Zifferblatt durchläuft, wenn sich der Streifen, dessen Ende in dem Heerde der Wärme liegt, ausdehnt, und da sich die Thonmasse weit weniger als das Metall ausdehnt, so rühren die erhaltenen Erscheinungen fast ganz von der Ausdehnung des Metalles her.

Unter den nichtmetallischen Pyrometern führen wir den des Wedgwood an, der auch in den meisten Fällen angewandt wird. Seine Anwendung beruht auf der Eigenschaft des Thons, ein Schwinden zu erleiden, wenn er erhitzt worden ist, ein Schwinden, das um so größer ist, je höher die Temperatur steigt; man kennt aber das Gesetz dieses Schwindens nicht. Dieser Pyrometer besteht aus einer Kupferplatte, auf welcher drei Stangen von demselben Metalle befestigt sind, die eine solche Neigung untereinander haben, daß der Zwischenraum von zweien dieser Streifen *dem gleich* ist, welchen die Verlängerung von einem *derselben mit* dem dritten bilden würde, eine von

diesen Stangen hat eine Skale, die in 240° eingetheilt ist. Diese Zwischenräume sind dazu bestimmt, kleine abgekürzte Kegel aus Thon, der in der Rothglühhitze gebrannt worden ist und mit dem Nullpunkte der Eintheilung zusammenfällt, aufzunehmen. Will man nun operiren, so legt man mehrere dieser kleinen Kegel in den Brennpunkt des Feuers und beurtheilt das Schwinden dadurch, daß man sie in jene Zwischenräume bringt. Alle Kegel müssen aus einem gleichartigen Thone verfertigt werden. Auf diese Weise kann man nur Annäherungswerthe erhalten, denn man weiß nicht, ob das Schwinden mit der Temperatur proportional sei. Der Nullpunkt des Pyrometers entspricht 580°,55 des hundertgradigen Thermometers.

Es gibt noch andere Thermometer, die in verschiedenen Fällen angewandt werden; wir meinen die Maximumthermometer; ihre Anwendung würde es nothwendig machen, daß wir uns auf Einzelnheiten ihrer Verfertigung einlassen, die wir hier nicht angeben können. In dieser Hinsicht verweisen wir auf physikalische Werke. Wir beschränken uns hier bloß darauf, anzugeben, daß diese Thermometer dazu dienen, das Maximum oder Minimum der Wärme bei den Temperaturveränderungen anzuzeigen, welche eine gewisse Zeit lang stattfinden.

Wir wollen zur Ausdehnung der Gase übergehen. Gay-Lussac und Dalton hatten fast zu gleicher Zeit und ohne sich ihre Arbeiten mitzutheilen, behauptet, daß sich alle Gase bei der nämlichen Temperatur von 0° bis 100° gleich ausdehnen. Dem Ersteren zufolge war die entsprechende Ausdehnung bei 1° des hundertgradigen Thermometers $\frac{1}{267}$ ihres Volumens bei Null; das nämliche Resultat erhielten Petit und Dulong: diesen Ausdehnungscoefficienten hielt Rudberg für unrichtig, er fand nämlich 0,00365 anstatt 0,00375. Magnus und Regnault nahmen diese Frage wieder

auf, vermieden aber die Ursache zu Irrthüme
von mehreren ihrer Vorgänger übersehen wurde
erhielten 0,00366. Vermittelst dieser neuen L
mung wäre der alte Ausdehnungscoefficient u
zu stark. Regnault, welcher meinte, daß m
es nicht mehr als erwiesen ansehen dürfe, d
Gase den gleichen Ausdehnungscoefficienten
stellte demnach neue Versuche an, um den A
nungscoefficienten des Stickstoffes, des Wasse
des Kohlenstofforyds, der Kohlen- und schwefliger
ren, des Cyans, des Stickstofforyduls, der Sa
und des Ammoniaks zu finden; er fand, d
Stickstoff, der Wasserstoff, das Kohlenstofforyd
lich den nämlichen Ausdehnungscoefficienten, u
Luft, unter den Umständen hatten, wo die B
angestellt worden waren, d. h. die Gase ware
ter dem atmosphärischen Drucke, als sie sich
Temperatur des siedenden Wassers befanden u
ter einem Drucke von 550 Millimetern, als
bei der Temperatur des schmelzenden Eises befo
daß unter denselben Umständen die Kohlensäur
Stickstofforydul, das Cyan dagegen einen st
Ausdehnungscoefficienten haben, indem der
0,003689, der zweite 0,003676, der dritte 0,
gleich ist; daß der Coefficient des schwefligs
Gases stärker ist, als die, welche man für die
ren Gase erhalten hatte. Regnault's Versuche z
also dahin ab, festzusetzen, daß die Gase unte
chen Umständen nicht den nämlichen Ausdehn
coefficienten haben, indem dieser Coefficient unt
oben erwähnten Umständen von 0,003665 bis 0,0
verschieden ist.

Da die Versuche zwischen den festen Punkt
Thermometers und unter einem Drucke an
wurden, der von dem atmosphärischen Drucke n
wenig verschieden war, so hat sie Regnault
sehr verschiedenen Drucken wieder angefange

anfangs schwächer waren, als der gewöhnliche atmosphärische Druck, sodann aber unter einem weit stärkerem Drucke; die Schlüsse, auf die er geleitet wurde, sind folgende: das von den Physikern angenommene Gesetz, daß sich nämlich die Luft um denselben Bruch seines Volumens bei 0° ausdehne, ihre Dichtheit mag übrigens sein, welche sie will, ist nicht richtig. Die Luft dehnt sich zwischen den nämlichen Temperaturgränzen um Größen aus, die um so beträchtlicher sind, je größer die Dichtheit ist.

Diese Versuche bestätigen die Grundgesetze nicht, welche von allen Physikern angenommen wurden, nämlich:

1) Alle Gase dehnen sich zwischen den nämlichen Temperaturgränzen um die nämliche Größe aus.

2) Die Ausdehnung eines und desselben Gases zwischen den nämlichen Zeitgränzen ist von der uranfänglichen Dichtheit unabhängig.

Regnault meint demungeachtet nicht, daß diese Gesetze aus der Physik verbannt werden sollen; ihm zufolge sind sie an der Gränze wahr, d. h. wenn man die Gase in ihrem größten Ausdehnungszustande nimmt und wenn ihr gasartiger Zustand vollkommen ist.

Wärmecapazitäten oder specifische Wärme.

Zwei beliebige Körper erfordern nicht die nämliche Menge von Wärme, um auf die nämliche Temperatur gebracht zu werden; das Verhältniß der Wärmemengen, welche in diesem Falle angewandt werden, hat die Physiker beschäftigt und beschäftigt sie noch. Blake beobachtete zuerst, daß, wenn die Wärme einen Körper flüssig macht; oder sie einen flüssigen Körper in ein Gas verwandelt, der flüssige Körper oder der Dampf nicht heißer waren, als die Flüssigkeit oder der feste Körper, welcher sie hervor-

gebracht hatte, obgleich eine große Wärmemenge verbraucht wurde, um eine solche Wirkung hervorzubringen. Er schloß daraus, daß die verbrauchte Wärme latent geworden sei und zu Erhaltung des neuen Zustandes diene: er bewies auch wirklich, daß diese Wärme wieder frei werde, wenn sich der Dampf verdichtete oder der liquide Körper wieder fest wurde. Kurze Zeit darauf beschäftigte man sich mit der specifischen Wärme der Körper, d. h. mit den Wärmemengen, die erforderlich sind, um ihre Temperatur um eine und dieselbe Anzahl von Graden zu erhöhen; diese Eigenschaft veranlaßte einige Philosophen in Uebereinstimmung mit den Ansichten Newton's zu der Behauptung, daß die Wärme, so wie das Licht eine materielle Substanz sei. Unter den Physikern, die sich mit dieser Frage beschäftigten, muß man Wille, Crawford, Gadolin, Meyer, Dalton, Lavoisier und Laplace, Dulong und Petit, de la Roche und Berard, Neumann, Avogadro, Marcet, de la Rive und endlich Regnault nennen.

Man wandte drei Methoden an, um die specifische Wärme der Körper zu finden: die Methode der Mischungen, die des Schmelzens des Eises oder des Kalorimeters und endlich die des Abkühlens, welche von Meyer herrührt. Die ersten Versuche, welche mit der größten Genauigkeit angestellt wurden, machten Petit und Dulong, die sich der Abkühlung bedienten. Lavoisier und Laplace erhielten durch die Methode des Schmelzen des Eises Resultate, die sich nur wenig von der Wahrheit entfernen. Vermittelst der Methode der Mischungen zwischen Temperaturgränzen von 0° bis 350° fanden Petit und Dulong die wichtige Thatsache, daß die Wärmecapazität der Körper, so wie die Ausdehnbarkeit mit der Temperatur zunehme. Durch Meyers Verfahren bestimmten sie die specifische Wärme einer gewissen Anzahl einfacher Körper dadurch, daß sie jene mit den Atom-

gewichten verglichen und stellten das merkwürdige Gesetz auf, daß alle Atome der einfachen Körper ganz genau die nämliche Wärmecapazität besitzen; zu der Zeit aber, wo dieses Gesetz erschien, waren die Atomgewichte der Körper noch nicht genau bestimmt; man hatte unter mehreren Zahlen zu wählen und Dulong und Petit glaubten, gerade die Atomgewichte wählen zu müssen, die für das Gesetz, das sie geltend machen wollten, am besten paßten. So verhält es sich aber heutzutage wegen der Fortschritte der Chemie nicht mehr; auch bestätigt sich das angegebene Gesetz bei weitem auf keine so befriedigende Weise; denn das Produkt der specifischen Wärme mit dem Atomgewichte ist, anstatt eine constante Größe zu sein, von 36,75 auf 38,30 und von 25,53 auf 75,18 verschieden. Es wurde nun äußerst wichtig, neue Versuche anzustellen, um zu sehen, innerhalb welcher Gränzen Petit's und Dulong's Gesetz angenommen werden müsse. Diese Arbeit hat Regnault nicht bloß in Beziehung auf die einfachen, sondern auch auf die zusammengesetzten Körper ausgeführt, indem er die Mischungsmethode anwandte und die der Abkühlung, als auf Hypothesen gegründet, die nicht bestätigt werden können, verwarf; die von ihm erhaltenen Resultate sind im Allgemeinen etwas stärker als die des Petit und Dulong. Wenn man einen Blick auf die Tabelle wirft, welche sie enthält, so sieht man sogleich, daß sich das Gesetz der specifischen Wärme der Atome auf keine unbedingte Weise bestätige; demungeachtet nimmt es Regnault an, als komme es der Wahrheit sehr nahe, in Erwägung, daß die Atomgewichte der einfachen Substanzen, mit welchen man operirt hat, von 200 bis 1400 verschieden seien, während die Produkte der Atomgewichte mit den specifischen Wärmen zwischen 38 und 42, einer sehr engen Gränze liegen. Die Forschungen über die specifische Wärme der zusam-

mengesetzten, festen und liquiden Körper haben ihn auf vollkommen ähnliche Resultate geführt, welche folgendermaßen ausgedrückt werden können:

1) Bei den zusammengesetzten Körpern, welche das nämliche elektronegative Element enthalten und die von ähnlicher atomistischer Constitution sind, stehen die specifischen Wärmen im umgekehrten Verhältnisse mit den Atomgewichten.

2) Bei allen zusammengesetzten Körpern von gleicher atomistischer und ähnlicher chemischer Zusammensetzung stehen die specifischen Wärmen im umgekehrten Verhältnisse mit den Atomgewichten. Diese Gesetze stimmen nicht vollkommen mit dem Resultate des Versuchs überein; aber die Divergenzen sind nicht größer als die, welche sich bei dem Gesetze der einfachen Körper zeigen, weil sie nicht über das Zehntel zum Neuntel hinausgehen.

Die Forschungen in Beziehung auf die Bestimmung der specifischen Wärme der Gase zeigen mehr Schwierigkeiten als die, welche die festen und liquiden Körper betreffen, weil auf der einen Seite diese Wärme immer sehr schwach ist und man sie auf der andern Seite aus zwei Gesichtspunkten betrachten kann: 1) wenn der Druck constant ist und sich das Gas beim Erwärmen ausdehnen kann; 2) wenn das Volumen constant bleibt und die elastische Kraft mit der Wärme zunimmt.

Crawford, Laplace, Lavoisier, Leslie und Gay-Lussac haben verschiedene Methoden angewandt, um die specifische Wärme der Gase in dem ersten Falle zu finden; da aber die Versuche nicht mit dem gehörigen Grade von Genauigkeit angestellt worden waren, so glaubte die Akademie der Wissenschaften einen *Preis* auf diese Frage setzen zu müssen, welchen de *la Roche* und Berard im Jahre 1813 erhielten. Aus

derselben erhellt, daß die Wärmecapa-
nfachen Gase bei constantem Drucke und
umen die nämlichen seien. Davon ging
n den Schluß zu machen, daß die Atome
Gase unter denselben Umständen die
acität haben müssen, weil die Gase bei
peratur und unter demselben Drucke, bei
olumen wahrscheinlich die nämliche An-
men enthalten?

ive und Marcet verdankt man die Be-
specifischen Wärme der Gase bei con-
men, indem sie die Zeit der Abkühlung
ärmung eines und desselben Volumen
, das sich in der nämlichen Hülle und
ämlichen Umständen befand; man fand
Verfahren nicht genau genug, um sich
ltenen Resultate vollständig verlassen zu

estimmte vermittelst einer Methode, die
Theorie des Schalles gründete, das Ver-
Wärmecapacitäten; dieses Verhältniß
h zu der Formel, welche die Geschwin-
schalls in einem Gase gibt. Nun konnte
as Verhältniß der Geschwindigkeiten fand,
isse der specifischen Wärme berechnen; da
digkeit des Schalls in der Luft der theo-
hwindigkeit multiplicirt mit der Qua-
es Verhältnisses der Capacität der Luft
m Drucke der Capacität bei constantem
ich war, so konnte man leicht das Ver-
as ableiten. Auf diese Weise fand Du-
das Verhältniß der Capacitäten in Be-
die Luft 1,421, auf den Sauerstoff 1,415,
erstoff 1,407, auf das kohlensaure Gas
das Kohlenoxyd 1,427, auf das Stick-
16 und auf das ölbildende Gas 1,240
t seitdem gefunden, daß man, da die

Capacitäten bei constantem Drucke bekannt waren, z
denen mit constantem Volumen übergehen könne, i
dem man das Verhältniß der beiden Capacitäte
bestimme. Dies ist vermittelst zweier verschieden
Methoden bewerkstelligt worden; die erste rührt vo
Clement und Desormes, die zweite von Dulong he
Die Ersteren haben das fragliche Verhältniß ve
mittelst der durch eine schwache Zusammendrückun
entwickelten Wärme bestimmt und haben für das Ve
hältniß der Wärmecapacitäten der Luft bei constante
Druck und Volumen 1,35 gefunden; Gay-Lussac un
Walter erhielten vermittelst derselben Methoden 1,3724
Diese Werthe weichen von dem eigentlichen ab, d
1,42 ist; daher ist auch diese Methode keiner hinreiche
den Genauigkeit fähig.

Mehrere Fragen knüpfen sich an die specifisch
Wärme der Gase, nämlich die durch ihre Zusammen
pressung entwickelte Wärme und die Verschiedenheite
ihrer Wärmecapacitäten. Im ersten Falle fand ma
daß alle Volumen von gleichem elastischem Fluidum
welche bei derselben Temperatur und unter demselbe
Drucke genommen wurden, die nämliche absolut
Wärmemenge entwickeln oder absorbiren; im zweite
Falle, daß die Temperaturverschiedenheiten, welch
daraus entspringen, bei constantem Volumen im um
gekehrten Verhältnisse ihrer Wärmecapacitäten stehen
dieses letzte Gesetz rührt von Dulong her.

Gay-Lussac, der sich mit den Verschiedenheiten de
Wärmecapacitäten der Gase beschäftigte, hat gefunden
daß sich das Verhältniß der Wärmecapacität bei con
stantem Drucke zu der Capacität des nämlichen Ga
ses bei constantem Volumen mit dem Drucke und de
Temperatur nicht verändere; er stützte sich zum Be
weise dieses Gesetzes auf die Thatsache, daß die Ge
schwindigkeit des Schalles zu Quito unter einem Druck
von 0,554^{m} die nämliche mit der ist, welche aus den
Versuchen hervorgeht, die zu Paris unter einem Druck

erleiden. Die nach diesen Principien verfertigten Apparate sind sowie ihre Anwendung in allen physikalischen Handbüchern beschrieben, auf welche wir verweisen; wir erwähnen hier bloß einer Tabelle, welche von Gay-Lussac verfertigt wurde und die Resultate der Versuche enthält, die mit dem Saussure'schen Thermometer über die elastische Kraft des Wasserdampfes, welche den Graden des Hygrometers bei der Temperatur von 100° C. entspricht und in Hunderteln der Spannung mit Sättigung ausgedrückt ist, angestellt wurden. Die in dieser Tabelle angeführten Resultate zeigen, daß die Verlängerung des Haares der Feuchtigkeitsmenge der Luft nicht proportional ist. Mit Hülfe dieser Tabelle ist es leicht, das Gewicht des in einem gegebenen Volumen Luft enthaltenen Dampfes zu bestimmen, wenn man die Temperatur und den Grad des Hygrometers kennt. Die Resultate, welche man bei der Temperatur von 10° erhielt, zeigen einige Differenz mit denen, welche man bei einer höheren Temperatur bekommen würde; man kann sich indessen derselben bedienen, wenn man bei Temperaturen operirt, die von 10° nicht sehr verschieden sind. Man kann überdies verschiedene Aufgaben lösen, die sich auf das Vorkommen der Dämpfe in der Luft beziehen.

Von den Erscheinungen, welche in den Zustandsveränderungen der Körper hervorgebracht werden.

Wenn die Körper ihren Zustand verändern, so kommt eine Menge Phänomene zum Vorscheine, deren Kenntniß die allgemeine Physik und die Künste im höchsten Grade angeht; wir wollen die wichtigsten zu beschreiben suchen.

Eine große Anzahl fester Körper, deren Temperatur hinlänglich erhöht wird, wird flüssig; in di

sem Falle wird alle mitgetheilte Flüssigkeit latent und wirkt nicht auf den Thermometer. Die Körper, welche durch chemische Einwirkung flüssig werden, verlieren einen Theil ihrer wahrnehmbaren Wärme welche zur latenten Wärme wird, so daß die Mischung sich abkühlt. Man findet in dem Traité de physique von Pouillet eine Tabelle, welche die Temperatur des Schmelzens verschiedener Körper angibt. Man bestimmt die latent werdende Wärme durch das nämliche Verfahren, das zu Auffindung der specifischen Wärme angewandt wird. Geht der Körper von dem flüssigen in den festen Zustand über, so zeigen sich umgekehrte Wärmeerscheinungen.

Wenn das Wasser gefriert, so zeigt es besondere Erscheinungen, die zu verschiedenen Zeiten untersucht worden waren. Wenn ein Körper erkaltet, so zieht er sich zusammen; das Wasser besitzt diese Eigenschaft bis ungefähr zum 4. Grade; sodann nimmt das Volumen des Wassers unter diesem Grade bis zum Gefrierpunkte zu, wo es sodann ein starkes Wachsthum, welches das 0,07 des Volumens bei 0° ist, erhält. Die Physiker, welche sich mit dieser Frage abgaben, haben das Maximum der Dichtheit nicht bei demselben Grade erhalten; Hobbe fand wirklich durch zwei Methoden 3°,32 und 3°,88; Trales 4°,35; Gilpin und Blagden 3°,88; Lefevre-Gineau 4°,44; Hellestrum 4°,1 und Despretz erst kürzlich 4°. Dieses letztere Resultat scheint bis auf $1/100$ Grad hin richtig zu sein.

Man hat auch das Maximum der Dichtheit von verschiedenen Auflösungen gesucht. Die vorzüglichsten Resultate, welche Despretz erhielt, sind folgende:

Alle salzigen, sauren, alkalinischen oder alkoholischen Auflösungen haben ein Maximum der Dichtheit, dessen Temperatur sich um so mehr dem Gefrierpunkte nähert, je größer die Menge des aufgelösten Stoffes ist; dieses Maximum wird

hältniß in Beziehung auf dieselbe Natur des Dampfes constant ist. Dieses Gesetz setzt voraus, daß sich die Dämpfe genau wie die permanenten Gase verhalten, wenn man mit dem Drucke und der Temperatur abwechselt. Diese Hypothese ist vielleicht streng genommen nicht richtig, man nimmt sie aber an, bis der Versuch entschieden hat.

Die Dichtheit der Dämpfe muß oft unter verschiedenen Drucken ins Auge gefaßt werden. Man nannte absolute Dichtheit des von einer Flüssigkeit gebildeten Dampfes die constante Zahl, welche das Verhältniß von zwei gleichen Volumen Dampf und Luft unter gleichem Drucke und gleicher Temperatur angibt. Verschiedene Verfahrungsarten sind zu Bestimmung der absoluten Dichtheiten der verschiedenen Dämpfe zuerst von Gay-Lussac, sodann von Dumas ersonnen worden, und aus den Versuchen des Ersteren geht hervor, daß ein Gramm reines Wasser unter dem Drucke von 0,76m 1,6964l Dampf bei 100° erzeugt. Da nun ein Volumen Wasser von einem Kubikcentimeter 1696 Kubikcentimeter Dampf geben würde, so folgt daraus, daß sich die Dichtheit des Dampfes bei 100° zu der des Wassers wie 1 zu 1696 verhalte. Gay-Lussac einerseits und Dumas andererseits haben die Dichtheit verschiedener Dämpfe bestimmt.

Die Wärmecapacitäten der Dämpfe sind wie die der permanenten Gase bestimmt worden. De la Roche und Berard verdankt man die Bestimmung der Wärmecapacität des Wasserdampfes unter einem Drucke von 1,9660m.

Die Mischung der Gase und der Dämpfe bringt Erscheinungen hervor, welche den Gegenstand der Forschungen der Physiker abgegeben haben. Dalton, der sich mit dieser Frage beschäftigte, fand: 1) daß die Dämpfe, die sich in den Gasen entwickeln, nicht augenblicklich den von dem Gase erfüllten Raum sättigen; 2) daß die elastische Kraft einer Gas- und

Dampfmischung der elastischen Kraft des Gases nebst der des Dampfes gleich sei, die sich bei derselben Temperatur in dem leeren Raume entwickeln würden; 3) daß die Menge Dampf, der sich in einem Gase bildet, derjenigen gleich ist, die sich in einem und demselben leeren Raume bei der nämlichen Temperatur bilden würde. Es ist leicht, die Bildung der Dämpfe in den Gasen, wie in dem leeren Raume, wenn man die Zeit der Sättigung des Raumes wegen des Stetigkeitsmangels der Gase und der Bedingung der Gleichartigkeit nicht in Anschlag bringt, zu erklären.

Hygrometrie.

Die Hygrometrie reiht sich an die Dampffrage an, weil sie zum Zwecke hat, die verschiedenen Grade der Feuchtigkeit der Luft mit Hülfe der Instrumente, die man Hygrometer oder Hygroskope nennt, zu bestimmen. Man hat hygrometrische Beschaffenheit der Luft das Verhältniß zwischen der Menge Wasserdampf, die in der Luft enthalten ist, und derjenigen Menge genannt, die sich in derselben befinden würde, wenn die Luft vollständig gesättigt wäre. Man wendet verschiedene Verfahrungsarten an, um den Grad der Feuchtigkeit der Luft zu messen und stützt sich auf die folgenden Principien: 1) die Gewichtszunahme der Substanzen, welche eine große Verwandtschaft zum Wasser haben; 2) die Menge Wasser, welche in derselben Zeit von der nämlichen Oberfläche verdampft; 3) die von der Verdampfung erzeugte Kälte; 4) das Volumen, auf welches die Luft durch das Zusammendrücken reduzirt werden muß, um gesättigt zu werden; 5) das Sinken der Temperatur, das die Luft erleiden muß, um die Gränze ihrer Sättigung zu erreichen; endlich die Zusammenziehung und die Ausdehnung, welche gewisse organische Substanzen durch die Feuchtigkeit der Luft

um das Doppelte seines Volumens kleiner war, verdampft wurde, und daß daraus ein Druck von 70 Atmosphären entstand. Andere Flüssigkeiten zeigten die nämliche Erscheinung.

Die Bildung des Dampfes wird nach den Umständen, in welchen er erzeugt wird, modifizirt. Wir führen besonders den Druck an, der geringer als der atmosphärische ist; die Aussetzung der Flüssigkeiten in Mitteln, die von den Dämpfen eben dieser Flüssigkeiten mehr oder weniger gesättigt sind, und woraus ein Sinken der Temperatur entsteht, das bis zum Gefrieren gehen kann. Die freiwillige Verdampfung, welche alsdann entsteht, hängt von der Temperatur der Luft, von der hygrometrischen Beschaffenheit derselben und von ihrer Verrückung aus irgend einigen Ursachen ab.

Die Wärme, welche dazu verwandt wurde, die Flüssigkeiten in dem dampfförmigen Zustande zu erhalten, wurde latente Wärme genannt, weil sie die Entfernung der Moleküle erhält. Despretz, welcher die latente Wärme der Dämpfe des Wassers, des Alkohols, des Schwefeläthers und des Terpentingeistes bestimmte, fand, daß eine Flüssigkeit, welche auf den Siedpunkt gekommen war, um so weniger Wärme zu ihrer Verdampfung verlangt, je größer die Dichtheit ihres Dampfes ist, und daß die latenten Wärmen der verschiedenen Dämpfe merklich im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichtheit im Siedepunkte sind.

Die Verdampfungswärme ist von verschiedenen Physikern, von Rumfort, Dulong, Clement und Desormes, Southern und Wat bestimmt worden; die von ihnen erhaltenen Resultate sind von 527 bis 557 verschieden.

Verschiedene Umstände äußern auf die Rückkehr der einen Raum sättigenden Dämpfe in den liquiden Zustand einen Einfluß; wir führen besonders das Sinken der Temperatur oder eine Vermehrung d

sem Falle wird alle mitgetheilte Flüssigkeit latent und wirkt nicht auf den Thermometer. Die Körper, welche durch chemische Einwirkung flüssig werden, verlieren einen Theil ihrer wahrnehmbaren Wärme welche zur latenten Wärme wird, so daß die Mischung sich abkühlt. Man findet in dem Traité de physique von Pouillet eine Tabelle, welche die Temperatur des Schmelzens verschiedener Körper angibt. Man bestimmt die latent werdende Wärme durch das nämliche Verfahren, das zu Auffindung der specifischen Wärme angewandt wird. Geht der Körper von dem flüssigen in den festen Zustand über, so zeigen sich umgekehrte Wärmeerscheinungen.

Wenn das Wasser gefriert, so zeigt es besondere Erscheinungen, die zu verschiedenen Zeiten untersucht worden waren. Wenn ein Körper erkaltet, so zieht er sich zusammen; das Wasser besitzt diese Eigenschaft bis ungefähr zum 4. Grade; sodann nimmt das Volumen des Wassers unter diesem Grade bis zum Gefrierpunkte zu, wo es sodann ein starkes Wachsthum, welches das 0,07 des Volumens bei 0° ist, erhält. Die Physiker, welche sich mit dieser Frage abgaben, haben das Maximum der Dichtheit nicht bei demselben Grade erhalten; Hobde fand wirklich durch zwei Methoden 3°,32 und 3°,88; Trales 4°,35; Gilpin und Blagden 3°,88; Lefevre-Gineau 4°,44; Hellestrum 4°,1 und Despretz erst kürzlich 4°. Dieses letztere Resultat scheint bis auf $\frac{1}{100}$ Grad hin richtig zu sein.

Man hat auch das Maximum der Dichtheit von verschiedenen Auflösungen gesucht. Die vorzüglichsten Resultate, welche Despretz erhielt, sind folgende:

Alle salzigen, sauren, alkalinischen oder alkoholischen Auflösungen haben ein Maximum der Dichtheit, dessen Temperatur sich um so mehr dem Gefrierpunkte nähert, je größer die Menge des aufgelösten Stoffes ist; dieses Maximum wird

anlockendste ist. Ihm zufolge hängt diese Erscheinung von der Bewegung der feinen Materie ab, welche um die Erde herum wirbelt; da alle Theile des Wirbels von einer Centrifugalkraft beseelt sind, welche sie treibt, sich von der Erde zu entfernen, so müssen sie die Körper nach entgegengesetzter Richtung, in einer Richtung forttreiben, welche derjenigen, die ihnen die drehende Bewegung verleiht, zuwider läuft. Diese Erklärung, welcher man wichtige Einwendungen entgegenhielt, verschwand gänzlich, als Newton das Princip der allgemeinen Gravitation entdeckte, nach welchem er zeigte, daß die Sonne ihre Wirkung auf die Planeten und diese auf ihre Trabanten ausübe.

Man betrachtet die Schwere als eine Kraft, die unaufhörlich auf jedes Moleküle eines Körpers wirkt; die Geschwindigkeit, mit welcher dieser Körper fällt, hängt nicht von der Masse des Körpers ab, weil ein abgesonderter Theil von dem Körper von der nämlichen Geschwindigkeit beseelt würde; ist also die Masse größer, so ist auch eine größere Anzahl von Theilchen vorhanden, welche die nämliche Geschwindigkeit besitzen. Die Schwere muß also nach der Geschwindigkeit gemessen werden, die sie in einer gegebenen Zeit jedem Moleküle eines Körpers verleiht; die Wirkung, welche angewandt wird, um ihn in seinem Falle aufzuhalten, heißt *Gewicht*, welches dazu dienen kann, die Menge der in dem Körper enthaltenen Moleküle zu bestimmen; das Gewicht muß nun dem Produkte der Masse durch die Geschwindigkeit gleich sein: ist die Masse bekannt, so wird die Geschwindigkeit daraus abgeleitet, und umgekehrt.

Wenn ein Körper von irgend einer Ursache in Bewegung *gesetzt wird*, so fährt er fort, sich mit der *nämlichen Geschwindigkeit* in derselben Richtung fortzubewegen, *wenn keine fremde Ursache dazwischen kommt, welche den erhaltenen Impuls modifizi*

3) Das Wasser geräth bei höheren Temperaturen in irdenen und gläsernen Gefäßen leichter ins Sieden als in metallenen; der Unterschied beträgt bisweilen 1° und 1°,5.

4) Wenn man Tropfen einer Flüssigkeit, z. B. von Wasser, in Kapseln von Platina, Silber, Eisen, die bis zur Weißglühhitze erhitzt sind, fallen läßt, so zeigt sich eine merkwürdige Erscheinung, die im Jahre 1756 von Leidenfrost beobachtet wurde: die Tropfen vereinigen sich in einen einzigen und nehmen eine schnelle drehende Bewegung an; die Verdampfung geht um so langsamer vor sich, je erhitzter die Kapsel ist. Diese Erscheinung findet gleichfalls mit dem Alkohol, Aether, den wesentlichen Oelen u. s. w. Statt.

5) Der Siedpunkt des Wassers hängt von der Natur der Substanzen ab, die in demselben aufgelöst sind: den Beweis davon findet man in der Tabelle von dem Sieden verschiedener Flüssigkeiten unter dem gewöhnlichen Drucke.

Wir wollen zu dem Sieden in verschlossenen Gefäßen übergehen; die vorzüglichsten Erscheinungen, welche beobachtet wurden, und welche für die Künste von großer Wichtigkeit sind, sind folgende:

1) Die Temperatur, bei welcher das Sieden beginnt, ist um so höher, je größer der Druck ist; alsdann wächst die elastische Kraft des Dampfes in einem gewissen Verhältnisse.

2) Der sich bildende Dampf verzögert das Sieden bis auf eine gewisse Temperatur, bei welcher die ganze Flüssigkeit verdampft wird. Diese Temperatur ist die, in deren Beziehung die Dichtheit des Dampfes der Dichtheit der Flüssigkeit multiplizirt mit dem Verhältnisse des Volumens der Flüssigkeit zu dem des Gefäßes gleich ist. Cagniard de la Tour *hat wirklich* gefunden, daß der Aether in einem *verschlossenen* Gefäße bei 150° in einem Raume, der

um das Doppelte seines Volumens kleiner war, verdampft wurde, und daß daraus ein Druck von 70 Atmosphären entstand. Andere Flüssigkeiten zeigten die nämliche Erscheinung.

Die Bildung des Dampfes wird nach den Umständen, in welchen er erzeugt wird, modifizirt. Wir führen besonders den Druck an, der geringer als der atmosphärische ist; die Aussetzung der Flüssigkeiten in Mitteln, die von den Dämpfen eben dieser Flüssigkeiten mehr oder weniger gesättigt sind, und woraus ein Sinken der Temperatur entsteht, das bis zum Gefrieren gehen kann. Die freiwillige Verdampfung, welche alsdann entsteht, hängt von der Temperatur der Luft, von der hygrometrischen Beschaffenheit derselben und von ihrer Verrückung aus irgend einigen Ursachen ab.

Die Wärme, welche dazu verwandt wurde, die Flüssigkeiten in dem dampfförmigen Zustande zu erhalten, wurde latente Wärme genannt, weil sie die Entfernung der Molekule erhält. Despretz, welcher die latente Wärme der Dämpfe des Wassers, des Alkohols, des Schwefeläthers und des Terpentingeistes bestimmte, fand, daß eine Flüssigkeit, welche auf den Siedpunkt gekommen war, um so weniger Wärme zu ihrer Verdampfung verlangt, je größer die Dichtheit ihres Dampfes ist, und daß die latenten Wärmen der verschiedenen Dämpfe merklich im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichtheit im Siedepunkte sind.

Die Verdampfungswärme ist von verschiedenen Physikern, von Rumfort, Dulong, Clement und Desormes, Southern und Wat bestimmt worden; die von ihnen erhaltenen Resultate sind von 527 bis 557 verschieden.

Verschiedene Umstände äußern auf die Rückkehr der einen Raum sättigenden Dämpfe in den liquiden Zustand einen Einfluß; wir führen besonders das Sinken der Temperatur oder eine Vermehrung des

Druckes an; ist der Raum nicht gesättigt, so würde ein Sinken der Temperatur oder eine mehr oder minder große Vermehrung des Druckes die Rückkehr des Dampfes in den liquiden Zustand nicht zur Folge haben.

Achtes Kapitel.

Von der Schwere.

Bis jetzt war nur von den unwägbaren Flüssigkeiten die Rede, welche auf die Moleküle der Körper nur in kleinen Entfernungen wirken, um die Eigenschaften derselben zu modifiziren: wir wollen uns jetzt mit Kräften von einer andern Natur beschäftigen, welche entweder in großer oder kleiner Entfernung nicht um ihre Eigenschaften zu modifiziren, sondern um attraktive Erscheinungen, deren Gesetze bekannt sind, hervorzubringen, wirken. Haben diese Kräfte vielleicht ihren Ursprung in dem mannigfaltig modifizirten Aether?

Bei der Unmöglichkeit, auf die Ursache der hervorgebrachten Erscheinungen zurückzukommen, muß man sich darauf beschränken, die Wirkungen und die Gesetze, unter denen sie stehen, zu untersuchen. Man hat Attraktion das Streben eines Körpers genannt, sich nach einem Körper hin zu verfügen; wirkt dieses Streben auf große Weiten, so nennt man diese Attraktionskraft Schwere; wirkt sie hingegen auf kleine Weiten, so heißt sie Molekularattraktion, Verwandtschaft, je nachdem sie ihre Wirkung zwischen ähnlichen oder unähnlichen Molekülen ausübt. Man hat ein Beispiel von der Wirkung der Schwere, wenn ein Körper, der durch kein Hinderniß aufgehalten wird, auf die Erde fällt. Die Alten hatten zu Erklärung des Falles des Körpers verschiedene Systeme erdacht; wir führen aber bloß das Descartes'sche an, welches das sinnreichste und

und Arago und Humboldt im Jahre 1818, indem sie andere Verfahrungsarten anwandten. Beide gelangten zu den nämlichen Resultaten wie Borda, d. h. daß die Intensität der Schwere zu Paris 9,8088m gleich ist, ein Werth, welcher anzeigt, daß ein Körper, welcher in dem leeren Raume eine Sekunde lang fallen würde, eine solche Geschwindigkeit bekäme, daß er, wenn man ihn sodann sich selbst überließe, diese Weite in den folgenden Sekunden durchlaufen würde. Nun wäre der während dieser Sekunde durchlaufene Raum gleich 4,9044m. Die Anwendung der weiter oben angegebenen Formel erheischt zwei Sachen; das Maß der Dauer der Pendelschwingungen, und die Bestimmung der Länge des einfachen Pendels; ein Verfahren, das die größte Sorgfalt erfordert, wenn man die Intensität der Schwere an verschiedenen Oertern auf der Erdoberfläche, besonders da vergleichen will, wo nur schwache Differenzen stattfinden. Um diese Vergleichung anzustellen, darf man nur das nämliche Pendel unter den nämlichen Umständen an verschiedenen Oertern schwingen lassen, und da alsdann die Länge des einfachen Pendels dieselbe ist, so folgt daraus, daß die Dauer der Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzel der Intensität der Schwere verschieden sein wird. Nun wird es leicht, wenn man die Intensität eines der Oerter kennt, die der andern Punkte daraus abzuleiten. Diese Versuche gestatten es auch, die Länge des einfachen Pendels zu bestimmen. Dieses Pendel ist idealisch, weil es aus einem undehnbaren Faden und ohne Schwere besteht, an dessen Ende sich ein wägbares materielles Molekül befindet; nach dem soeben Gesagten bestimmt man aber die Länge durch eine indirekte Methode. *In Paris* beträgt die Länge des *Sekundenpendels nach* Borda 993,8267 Millimeter; *in London nach Kater* 994,1147 Millimeter.

Man hat gefunden, daß die Schwere von d

Wirkt aber die Kraft beständig und auf eine gleichförmige Weise, so muß die Geschwindigkeit der Bewegung in jedem Augenblicke und gleichförmig wachsen.

Dies ereignet sich ganz genau so, wenn ein Körper gegen die Erde fällt; die Geschwindigkeit wächst alsdann wie die Zeit und die durchlaufenen Räume verhalten sich untereinander wie die Quadrate der Zeit. Man hat durch den Versuch gefunden, daß ein Körper, dem die Luft keinen Widerstand entgegenstellt, in der ersten Sekunde ungefähr 4,9044 Meter durchläuft.

Man leitet aus der gleichförmig beschleunigten Bewegung, welche aus der Schwere entspringt, ab, daß der in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum die Hälfte desjenigen ist, den der bewegte Körper zu durchlaufen im Stande wäre, wenn die erlangte Geschwindigkeit gleichförmig wäre. Galilei verdankt man das Gesetz, nach welchem die Schwere auf die Körper wirkt, die sich in einer kleinen Entfernung von der Erde befinden. Dieses Gesetz war aber nicht hinreichend, um das Princip der allgemeinen Gravitation zu finden; man mußte auch noch diejenige haben, denen die Bewegungen aller Himmelskörper unterworfen sind. Diese große Entdeckung machte Keyler. Die Gesetze, nach welchen diese Bewegungen sich richten, sind folgende: 1) die Planeten bewegen sich in ebenen Curven und ihre Radien Vektoren beschreiben Räume, die den Zeiten proportional sind; 2) die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet; 3) die Quadrate der Umlaufszeiten sind den Kubus ihrer großen Achsen proportional. Newton entwickelte durch die Verbindung dieser drei Gesetze das Gesetz, nach welchem sich die ganze Natur richtet. Nachdem er vermuthet hatte, daß die Schwere, welche in einer geringen Entfernung von der Erde oder auf dem Gipfel der höchsten Berge die nämliche Inten-

sität zu haben schien, sich auf beträchtliche Entfernungen in dem Raume erstrecke und alsdann an Intensität abnehme, so nahm er anfänglich an, daß sich diese Wirkung bis auf den Mond ausdehne, und daß er in ihrer Verbindung mit der Wurfbewegung dieses Trabanten einen elliptischen Kreis um die Erde beschreiben müsse. Als Newton diesen Gedanken der Berechnung unterwarf, und die Bewegung des Mondes in seiner Bahn, das Verhältniß zwischen dem Radius der Erde und dem dieser Bahn in Erwägung zog, so bestimmte er, um wie viel die Schwere verringert sein müsse, damit die beobachteten Wirkungen zum Vorscheine kommen; er fand alsdann, daß sich das Gesetz der Schwere nach dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung richte; ein Gesetz, das er bis auf die Sonne ausdehnte, die er als den Brennpunkt einer Kraft ansah, die sich auf eine unbestimmte Weise in dem Raume fortpflanzt, und im direkten Verhältnisse der Massen und im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung auf alle Körper in dem Sonnensysteme wirke, während zu gleicher Zeit diese Körper ähnliche Wirkungen auf einander ausübten. Daher das allgemeine Princip, daß sich alle Molekülen der Materie gegenseitig auf Entfernung im direkten Verhältnisse der Massen und im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung anziehen.

Wir übergehen mit Stillschweigen eine Menge von Nebenfragen, welche vermittelst des Princips, der allgemeinen Gravitation leicht gelöst werden können. Dieses Princip, das sich in Beziehung auf die Wirkung, welche die Erde auf die Körper, welche dieser Wirkung preis gegeben sind, ausübt, leicht bestätigen läßt, zeigte indessen einige Schwierigkeit in seiner Bestätigung rücksichtlich zweier Körper von kleiner Dimension. Cavendish löste diese Aufgabe

vermittelst einer Methode, deren Idee Michell der Königlichen Societät in London angehört; Methode besteht darin, die Wirkungen der g seitigen Anziehung zweier Körper dadurch zu m daß man dem einen derselben eine hinreichende weglichkeit gab, damit er der Einwirkung der dern folgen könne. Er bediente sich zu diesem der Drehwage des Coulomb zu Bestimmung Gesetze der elektrischen und magnetischen Attrakti und Repulsionen. Die Resultate sind in den T act. philosoph. für das Jahr 1798 enthalten. dieses Mittel gelang es ihm, zu zeigen, daß Dichtheit der Erde sechsthalbmal größer als die Wassers sei.

Die Schwere ist an verschiedenen Punkten Erdoberfläche verschieden. Man hat es dahin geb vermittelst des Pendels diese Verschiedenheiten z stimmen. Es findet auch wirklich ein solches Ver niß zwischen der Dauer der Schwingungen eines dels, seiner Länge und der Intensität der Sch Statt, daß man eine derselben aus der Formel, w diese drei Größen verbindet, ableiten kann, wen beiden andern bekannt sind. Wenn die Schwingu eines Pendels sehr klein sind, so ist ihre Dauer ihrer Weite, von dem Gewichte und der Natu Kugel unabhängig; die Dauern verhalten sich sich, wie die Quadratwurzeln der Pendellär Zählt man also in einer als Einheit angenomm Zeit, die Zahl der Schwingungen, welche das del macht, so leitet man daraus die Dauer Schwingung mit einer um so größerer Genau ab, je beträchtlicher die Zahl der Schwingungen Borda ist der erste Physiker, welcher ein gen Verfahren zu Beobachtung des Pendels angab. stellte seine Versuche im Jahre 1790 auf der S *warte zu Paris* an. Biot, Bouvard und Ma *wiederholten* die nämlichen Versuche im Jahre

und Arago und Humboldt im Jahre 1818, indem sie andere Verfahrungsarten anwandten. Beide gelangten zu den nämlichen Resultaten wie Borda, d. h. daß die Intensität der Schwere zu Paris 9,8088m gleich ist, ein Werth, welcher anzeigt, daß ein Körper, welcher in dem leeren Raume eine Sekunde lang fallen würde, eine solche Geschwindigkeit bekäme, daß er, wenn man ihn sodann sich selbst überließe, diese Weite in den folgenden Sekunden durchlaufen würde. Nun wäre der während dieser Sekunde durchlaufene Raum gleich 4,9044m. Die Anwendung der weiter oben angegebenen Formel erheischt zwei Sachen; das Maß der Dauer der Pendelschwingungen, und die Bestimmung der Länge des einfachen Pendels; ein Verfahren, das die größte Sorgfalt erfordert, wenn man die Intensität der Schwere an verschiedenen Oertern auf der Erdoberfläche, besonders da vergleichen will, wo nur schwache Differenzen stattfinden. Um diese Vergleichung anzustellen, darf man nur das nämliche Pendel unter den nämlichen Umständen an verschiedenen Oertern schwingen lassen, und da alsdann die Länge des einfachen Pendels dieselbe ist, so folgt daraus, daß die Dauer der Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzel der Intensität der Schwere verschieden sein wird. Nun wird es leicht, wenn man die Intensität eines der Oerter kennt, die der andern Punkte daraus abzuleiten. Diese Versuche gestatten es auch, die Länge des einfachen Pendels zu bestimmen. Dieses Pendel ist idealisch, weil es aus einem undehnbaren Faden und ohne Schwere besteht, an dessen Ende sich ein wägbares materielles Molekül befindet; nach dem soeben Gesagten bestimmt man aber die Länge durch eine indirekte Methode. In Paris beträgt die Länge des Sekundenpendels nach Borda 993,8267 Millimeter; in London nach Kater 994,1147 Millimeter.

Man hat gefunden, daß die Schwere von den

Arago's in Frankreich, Spanien und an den Küsten des Mittelmeeres, de Roy's, Delambre's und Mechins in England bei Greenwich, Melanderhielms in Schweden an. Aus allen angestellten Beobachtungen leitet man folgende Resultate ab:

	Meter
Halbmesser des Aequators . . .	6376984
Halbmesser des Pols	6356324
Differenz	20660

Man findet daraus, daß die Abplattung $^1/_{308,63}$ beträgt und daß der mittlere Halbmesser, welcher einer Breite von 45° entspricht, 6366194 Meter hat.

Bouguer suchte, um die Wirkungen der Attraktion der Erde auf alle Körper zu beobachten, ob die Gebirge nicht zufälliger Weise eine Wirkung auf das Senkblei ausübten, die im Stande wäre, es aus seiner senkrechten Lage zu bringen. Seine Vermuthungen wurden durch die Versuche bestätigt, die er an den Wänden des Chimborasso, eines der höchsten Berge auf der Erde, anstellte, und er fand an dem Senkblei eine Abweichung von 7 bis 8″; man war der Meinung, daß diese Berge, welche vulkanisch sind, große leere Räume enthalten müssen, und daß demnach die erhaltenen Resultate geringer ausfallen, als wenn der Berg voll gewesen wäre; Maskeline fand auch wirklich im Jahre 1772, daß am Fuße der Shehallschen Berge, welche bei weitem nicht so hoch als der Chimborasso sind, die Abweichung 54″ betrug. Man ist also dadurch zu der Annahme berechtigt, daß die Abweichung des Senkbleies sowohl von dem Volumen als auch von der Natur der Substanzen abhänge, woraus die Berge bestehen. Bei einer Vergleichung der Masse der Erde mit der des Berges machte Maskeline den Schluß, daß die Dichtheit der Erde das Fünfthalbfache der Dichtheit des Wassers betrage, ein Werth, auf welchen Cavendish vermittelst der Drehwage gleichfalls gelangte.

Wirkung der Schwere auf die liquiden Körper und die Gase.

Die liquiden Körper sind wegen der Beweglichkeit rer Theile, die es ihnen möglich macht, sich mehr der minder leicht zu verrücken, der Wirkung der chwere unterworfen; demnach müssen ihre physische igenschaften von dieser Kraft und von der Anziehung rer Moleküle abhängen. Die erste dieser Eigenhaften ist unter dem Namen des Princips der leichheit des Druckes bekannt, vermöge dessen n liquider Körper, der sich in einem Gefäße bendet, auf alle Punkte dieses Gefäßes den Druck rtpflanzt, welchen die Oberfläche erleidet. Dieser ruck ist der Größe der Oberfläche proportional. Die veite Eigenschaft betrifft das Gleichgewicht der liiden Körper. Damit dieses Gleichgewicht stattfinde, uß die Oberfläche horizontal, d. h. auf die Kraft rpendikular sein, welche auf die Moleküle wirkt nd irgend ein Molekül muß auf jeder Seite einen ntgegengesetzten Druck erleiden. Aus dem Principe r Gleichheit des Druckes erhellt, daß der ruck auf den Boden eines Gefäßes dem Gewichte ner Flüssigkeitssäule gleich ist, die zur Grundfläche en diesen Boden und zur Höhe die des Wasseriegels hat.

Man erwägt bei dem Gleichgewichte der liquiden örper den Mittelpunkt des Druckes oder den Anriffspunkt aller elementarischen Drucke. Dieser Punkt egt natürlicher Weise tiefer als der Schwerpunkt, eil die Kräfte wachsen, je tiefer man hinabkommt. ie Gase sind, wie alle Körper, ebenso wie die quiden, der Einwirkung der Schwere und der Mokularkräfte unterworfen. Man hat einen auffallende n eweis in den häufigen Ortsveränderungen, welche e Luft erleidet und woraus so mannigfaltige Wirngen entspringen. Die Schwere der Luft, welche

von Galilei bewiesen wurde, ist von Toricell
mittelst einer Glasröhre, die an einem End
schlossen, mit Quecksilber gefüllt und in ein
von diesem Metalle umgekehrt gestellt wurde,
tigt worden; die Quecksilbersäule sank in der
und diente augenscheinlich zum Maße für die
der Atmosphäre; sodann auch von Pascal vern
seines berühmten Versuchs auf dem Puy-de-
durch welchen er zeigte, daß, da die Quecksilbersä
dem Verhältnisse sank, je höher man in der
sphäre hinaufkam, der Druck derselben in dem
hältnisse abnehme, zu je höheren Standpunkten
gelangte.

Damit ein Gas im Gleichgewichte sei, mu
seine elastische Kraft in der ganzen Ausdehnung
wasserrechten Schichte dieselbe sein. Wenn sich
Kraft nichts widersetzt, so dehnt sich das Ga
Daraus möchte hervorgehen, daß die Atmo
nicht auf zwölf bis fünfzehn französische Meil
schränkt ist, denn nichts würde sich dem Um
widersetzen, daß sich die Moleküle der Luft n
den leeren Raum stürzten und sich in der Un
lichkeit der Himmel verbreiteten. Wir haben
der Optik Erscheinungen, die sich nur durch di
nahme erklären lassen, daß die Atmosphäre eine
habe. Was den atmosphärischen Druck anbetr
sieht man übrigens, daß die Quecksilbersäule d
ricellischen Röhre zu Bestimmung desselben so
Veränderungen, welche die Atmosphäre erleidet,
diese Säule steigt oder fällt, dienen könne. Die To
sche Röhre, an welcher man eine Skale angebra
bildet unsern Barometer. Dieses Werkzeug ist
kannt, daß wir uns aller Ausführlichkeiten üb
nen Bau und über seinen Gebrauch enthalten
Wir wollen zu den allgemeinen Schlüssen übe
die aus den mit dem Barometer angestellten
achtungen abgeleitet wurden. Dieses Instrume

folglich, indem es die Veränderungen des Druckes, welchen die Atmosphäre erleidet, angibt, alles das an, was in den hohen Regionen der Luft jedesmal vorgeht, wenn sich dieser Druck ändert. Unter den mannigfaltigen Veränderungen, welche hinzukommen, unterscheidet man besonders zwei Arten, die zufälligen und die stündlichen Veränderungen. Was die Ersteren anbetrifft, so finden sie sehr unregelmäßig Statt, und man kann weder die Zeit, noch ihre Ausdehnung vorhersehen; die zweiten sind zu bestimmten Stunden immer dieselben.

Man verdankt Laplace eine Theorie des barometrischen Gleichgewichts und Humboldt und Ramon eine Menge von Beobachtungen, die ganz geeignet sind, auf die Vortheile des Barometers bei dem Studium der Meteorologie und bei den großen geographischen Nivellirungen aufmerksam zu machen. Ramon behauptete, daß es an dem Tage eine Stunde gebe, zu welcher die Höhe des Barometers sehr merklich die mittlere Höhe des Tages sei, welche die mittlere unter den Beobachtungen ist, die von Stunde zu Stunde innerhalb der 24 Stunden des Tages angestellt wurden; die von Ramon gefundene Stunde ist 12 Uhr; kennt man die mittleren Höhen eines jeden Tages, so kann man die mittlere Höhe eines jeden Monats nehmen u. s. f. Er hat überdies bewiesen, daß man in unsern Klimaten die stündlichen Veränderungen nur durch Bestimmung der monatlichen oder jährlichen mittleren, welche gewissen Stunden des Tages entsprechen, finden könne. Unter dem Aequator kann man diese Veränderungen unmittelbar beobachten und Humboldt hat daselbst gefunden, daß das Maximum der Höhe neun Uhr Morgens entspreche, und daß der Barometer sodann bis vier oder halb fünf Uhr Nachmittags falle, einem Augenblicke, wo er sein Minimum erreicht; er steigt sodann wieder bis eilf Uhr des Abends, wo er ein zweites Maxi-

mum erreicht und sodann wieder bis vier Uhr des Morgens fällt. Die schwingenden Bewegungen des Quecksilbers sind so regelmäßig, daß sie zu Bezeichnung der Stunden dienen könnten. Von Humboldt hat auf zwei Millimeter den Abstand zwischen dem größten Steigen und dem tiefsten Fallen berechnet. Wir fügen noch bei, daß Ramon, welcher auf so viele Schwierigkeiten stieß, in unseren Klimaten die stündlichen Veränderungen zu erkennen, welche durch den Einfluß so vieler störenden Ursachen verhüllt werden, fand, daß im Winter das Maximum um neun Uhr des Morgens, das Minimum um drei Uhr Nachmittags und das zweite Maximum um neun Uhr Abends sei. Im Sommer findet das Maximum vor acht Uhr Morgens, das Minimum um vier Nachmittags und das zweite Maximum um neun Uhr Abends Statt. Im Frühlinge und im Herbste liegen die beiden Maxima und die beiden Minima dazwischen; unter dem Aequator ist die absolute Ausdehnung der Veränderungen etwas geringer. Was die Verhältnisse anbetrifft, welche zwischen den Abwechslungen des Barometers und den dazu kommenden Veränderungen in der Atmosphäre stattfinden können, so ist dies eine Aufgabe der Anwendung der Physik auf die Meteorologie, wovon in diesem Werke gehandelt werden wird.

Von der Zusammendrückbarkeit der Gase.

Eine Folge von der Elasticität der Gase ist die Zusammendrückbarkeit, d. h. das Vermögen, einen kleineren Raum einzunehmen, wenn man ihnen eine Kraft entgegenstellt, die größer ist als die, welche ihre Elasticität mißt. Nach Mariotte stehen die Volumen der Gase im umgekehrten Verhältnisse der Drucke, die sie erleiden; dieses Gesetz ist beinahe zu gleicher Zeit von Boyle in England aufgefunden und von Dulong

d Arago bis auf sieben und zwanzig Atmosphären
d für sehr niedrige und sehr hohe Temperaturen be-
tigt worden. Man hält es aber für wahrscheinlich,
ß es nicht für alle Temperaturen und für alle
rucke gelten würde, weil gewisse Gase, die man
r permanent hielt, flüssig geworden sind, wenn man
einem gewissen Drucke unterwarf, oder ihre Tem-
ratur hinreichend erniedrigte. Dieses Gesetz gilt
ch noch für Gasmischungen, welche weder unmit-
bar noch in Folge eines Drucks chemisch aufein-
der wirken können. Man bedient sich zu Wegschaf-
ng der Luft aus einem Recipienten, zu Zusam-
npressung oder Ausdehnung derselben, gewisser
erkzeuge, die man Compressionsmaschinen
nnt, deren Beschreibung man, so wie der mannig-
tigen Instrumente, die darauf Bezug haben, in
en physikalischen Lehrbüchern findet. Wir führen
ichfalls nicht die verschiedenen Pumpen an, welche
den Künsten gebräuchlich sind, und deren Verfer-
ung und Wirkungen auf den vorher angegebenen
incipien beruhen.

on der specifischen Schwere oder Dichtheit der liquiden Körper und der Gase.

Um das, was wir über die Schwere zu sagen
ben, vollständig zu machen, haben wir noch von
m Principe, auf das man sich stützt, um die speci-
he Schwere der festen, liquiden und gasartigen
rper zu finden und von dem Ausfließen der liquiden
rper durch Mündungen mit dünnen Wänden, so
e von dem Ausfließen der Gase zu sprechen. Das
incip, durch welches man die Dichtheit eines Kör-
s findet, rührt von Archimed her und heißt so:
Ein Körper, der in eine Flüssigkeit ver-
nkt wird, verliert in derselben einen Theil
ines Gewichts, der dem Gewichte des Vo-

lumens von der Flüssigkeit gleich ist, das er aus der Stelle getrieben hat; das nämliche Princip bestätigt sich, wenn man statt eines liquiden Körpers ein Gas nimmt. Die specifische Schwere ist das Gewicht des Körpers, verglichen mit dem als Einheit angenommenen Volumen des aus seiner Stelle vertriebenen Wassers.

Man hat mannigfache Apparate verfertigt, um die oben erwähnten Bestimmungen anzustellen; sie haben in der Physik den Namen hydrostatischer Wagen erhalten. Die Dichtheit der liquiden Körper erhält man nach den nämlichen Principien, d. h. man vergleicht das Gewicht der tropfbaren Flüssigkeiten mit dem von einem gleichen Volumen Wasser. Es ist hinreichend, eine mit Schmirgel verstopfte Flasche leer und mit destillirtem Wasser angefüllt nach einander zu wägen; die Gewichtsverschiedenheit gibt das Gewicht des Volumen Wassers an, das sie enthält. Man wägt sodann das Gefäß, das mit der Flüssigkeit angefüllt ist, dessen Dichtheit man bestimmen will; die Differenz zwischen dem Gewichte und dem der leeren Flasche gibt das Gewicht der Flüssigkeit und man erhält auf diese Weise leicht die Dichtheit.

Die Dichtheit der Gase erhält man vermittelst verschiedener Verfahrungsarten; man bezieht sie auf die der atmosphärischen Luft bei dem Drucke von 0,76^{m} und bei der Temperatur des schmelzenden Eises. Man darf alsdann nur die Gewichte von einem und demselben Volumen Luft und Gas bei 0° der Temperatur und 0,76 Druck kennen. In Beziehung auf die Beschreibung und den Gebrauch der Apparate verweisen wir gleichfalls auf physikalische Lehrbücher.

Von der Bewegung der liquiden Körper oder der Gase.

Es ist in einer historischen Einleitung sehr schwer, die Bewegungen, denen die verschiedenen Theile einer

Flüssigkeit in einem Behälter unterworfen sind, wenn sie durch eine Oeffnung mit dünnen Wänden ausfließt, auch nur mit wenigen Worten anzugeben; einige allgemeine Thatsachen werden indessen hinreichen, um diese Bewegung zu charakterisiren.

Wenn man in die Flüssigkeit Körper von einem kleinen Volumen und von derselben Dichtheit bringt, so daß sie in derselben schwebend erhalten werden, so sieht man in dem Augenblicke, wo die Flüssigkeit auszufließen anfängt, wie sich die liquiden Moleküle senkrecht bis auf einige Centimeter von der Oeffnung bewegen, worauf sie sich nach derselben hinrichten. Da nun immer in der nämlichen Zeit die nämliche Menge Flüssigkeit durch alle horizontale Schichten durchgehen muß, so muß in jedem Augenblicke die mittlere Geschwindigkeit in jeder der Schnitten im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Oberfläche stehen. Während das Ausfließen stattfindet, ist die Gränze der Flüssigkeit nicht immer eine horizontale Fläche. Kommt der Strahl senkrecht bei einer Mündung heraus, die auf dem Boden angebracht ist, und ist der Spiegel bis auf eine kleine Entfernung von der Mündung gesunken, so entfernt sich die Flüssigkeit von der Achse dieser letztern und bildet einen Trichter, dessen Spitze ihrem Mittelpunkte entspricht. Was das Abfließen durch Mündungen mit dünnen Wänden und die Beschaffenheit der liquiden Adern anbetrifft, so können wir nur auf Savart's Arbeiten verweisen; die Phänomene sind dergestalt complizirt, daß es uns unmöglich ist, einen, wenn auch gedrängten Begriff davon zu geben, ohne die zahlreichen Resultate anzuführen, zu welchen er gelangte.

Die Geschwindigkeit des Ausfließens ist durch Versuch und Kalkul bestimmt worden; man sieht aus dem Versuch, daß diese Geschwindigkeit, die im ersten Augenblicke des Ausfließens Null ist, eine gewisse Zeitlang auf eine stetige Weise zunimmt, worauf sie

gleichförmig wird, wenn der Spiegel constant bleibt, oder abnimmt, wenn der Spiegel fällt. Durch Rechnung findet man, daß, wenn der Durchmesser der Mündung in Bezug auf den des Gefäßes sehr klein ist, die Geschwindigkeit der ausfließenden Flüssigkeit derjenigen gleich ist, welche ein fester Körper erlangen würde, wenn er von einer Höhe herabfiele, welche der Entfernung des Mittelpunktes dieser Mündung von dem Spiegel dieser Flüssigkeit gleich ist. Dieses Gesetz ist durch den Versuch bestätigt worden.

Die angestellten Versuche, um den Ausfluß durch Mündungen zu bestimmen, die in dünnen Wänden angebracht sind, haben auf folgende Resultate geführt, indem man jedoch immer die Apparate so anbrachte, daß die Höhe der Flüssigkeit constant blieb:

1) Die Form der Mündung ist ohne Einfluß, wofern nicht ihr Umfang eingehende Winkel hat; 2) in Beziehung auf Mündungen, die in dünnen Wänden angebracht sind, deren Durchmesser zehn Millimeter übersteigt, ist der zusammengezogene Durchschnitt beinahr 0,6 der Fläche der Mündung gleich; 3) bei sehr kleinen Mündungen ist der zusammengezogene Durchschnitt etwas größer, was wahrscheinlich daher kommt, daß die Dicke der Wand alsdann merklich und eine Wirkung hervorgebracht wird, welche derjenigen ähnlich ist, welche aus den Ansätzen entspringt; 4) bei der nämlichen Mündung ist der Ausguß größer, wenn die Fläche, in welcher sie angebracht ist, inwendig concav, als wenn sie eben ist, und das Gegentheil findet Statt, wenn diese Oberfläche conver ist.

Wir hätten noch von dem Stoße der Adern an feste Hindernisse, von dem Stoße der Adern unter sich zu sprechen; wir wollen aber lieber aus den vorher angegebenen Gründen auf die bereits angeführten Arbeiten Savart's verweisen.

Wenn man an der Ausflußmündung Ansätze anbringt, so kann es sich ereignen, daß die Ader durch-

geht, ohne den Ansatz zu berühren, oder daß sie ihn berührt. In dem ersten Falle ändert sich das Ausgießen nicht. Hängt sich die Ader an den Ansatz an, so geschieht das Ausgießen bei voller Mündung; in dem Falle, wo der Ansatz cylindrisch ist und seine Länge seinen Durchmesser nicht viermal übertrifft, so wird die Menge der ausgeflossenen Flüssigkeit um ein Drittel vermehrt; bei einem ausgeschweiften Ansatze ist der Ausguß noch beträchtlicher: bringt man den Ansatz inwendig an, so wird er vermindert.

In den Capillarröhren wird die Geschwindigkeit wegen der Reibung, welche unmittelbar auf die den Wänden adhärirende Flüssigkeit wirkt, weit mehr vermindert, als in den Röhren, deren Durchmesser eine gewisse Dimension hat. Jedesmal, wenn eine Flüssigkeit die Wände einer Röhre nicht naß macht, hört sie unter dem nämlichen Drucke und bei derselben Länge vollständig zu fließen auf. Macht hingegen die Flüssigkeit die Wände der Röhre naß, so hört das Ausfließen nicht auf; es wird aber durch die Verlängerung der Röhre oder Verminderung ihres Durchmessers verzögert; wir fügen noch bei, daß die Geschwindigkeit die nämliche ist, das Ende der Röhre mag sich in die Luft oder in eine gleichartige Flüssigkeit münden. Der Ausguß nimmt mit der Temperatur zu und die Ungleichheiten in der Ausflußgeschwindigkeit hängen nicht von der Klebrigkeit ab, weil der Alkohol nicht so geschwind als das Wasser, und das Zuckerwasser und das Terpentinöl schneller als das Wasser fließen. Bis jetzt konnte man noch nicht die Ursache der Verschiedenheit bestimmen, welche die liquiden Körper in dieser Hinsicht zeigen.

Die Bewegung gasartiger Körper rührt von mehreren Ursachen, von der Einwirkung der Wärme, von der Bewegung der festen oder liquiden Körper, welche einen Theil ihrer Geschwindigkeit auf sie fortpflanzen, endlich von der Zusammendrückung her. Diese man-

nigfaltigen Ursachen bringen besondere Wirkungen hervor, welche in physikalischen Abhandlungen beschrieben werden. Wir führen bloß die Schlüsse an, auf welche man bei der Beobachtung geleitet wurde, auf welche Weise ein zusammengedrücktes Gas durch irgend eine Oeffnung mit dünner Wand entweiche. Man hat zuerst gefunden, daß die Ausflußgeschwindigkeit von der Differenz des äußeren und inneren Druckes und von der Dichtheit des ausfließenden Gases abhänge; bei derselben Temperatur und bei beliebigem Drucke fließt ein und dasselbe Gas in dem leeren Raume mit derselben Geschwindigkeit aus: die Ausflußgeschwindigkeiten der Gase in dem leeren Raume sind im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Dichtheiten. Alle diese Resultate sind durch eine große Menge von Versuchen bestätigt worden. Was endlich die Gase betrifft, welche durch lange Röhren ausfließen, so ist die Geschwindigkeit weit geringer, als wenn das Ausfließen durch Mündungen mit dünnen Wänden stattfindet und dies um so mehr, je länger die Röhren, je kleiner ihr Durchmesser und je größer die Geschwindigkeit ist. Wir können hier nur diese Resultate anführen, welche zu große Auseinandersetzungen erheischen würden, wenn wir es versuchen würden, auch nur einen gedrängten Begriff davon zu geben. Wir glauben, die wichtigsten Thatsachen in Beziehung auf die Schwere, die wir im Verlaufe dieses Werkes nöthig haben werden, angeführt zu haben; wir werden uns also über diesen Gegenstand nicht weiter ausdehnen.

Neuntes Kapitel.

Von den Capillarerscheinungen.

Außer der Anziehung der Massen in großen Entfernungen erwägt man auch noch die Anziehung in

kleinen Entfernungen, oder die Molekularattraktion, welcher man verschiedene Erscheinungen, unter andern das Anhängen von zwei ebenen, polirten Körpern, die man über einander gleiten läßt, und die Capillarwirkungen zuschreiben muß.

Jedesmal, wenn ein fester Körper mit einem liquiden Körper in Berührung ist, der ihn naß machen kann, so zeigt sich sogleich eine attraktive Wirkung, vermöge welcher eine Adhäsion zwischen den beiden Körpern stattfindet. Auf diese Weise verhält sich das Glas in Beziehung auf das Wasser, den Alkohol und die Oele. Diese Kraft, welche sich bei dem Contakte der festen und liquiden Körper offenbart, hat die größte Aehnlichkeit mit der der Verwandtschaften, weil sie in gewissen Fällen chemische Zersetzungen bewirken kann. So besitzen die Kohle und verschiedene poröse Körper die Eigenschaft, daß sie, wenn man sie in Wasser taucht, das durch einen Aufguß von Campecheholz, von Lackmus gefärbt ist, die färbende Materie in Folge einer größeren Verwandtschaft derselben zu dem porösen Körper als zu dem Wasser wegschaffen.

Die Capillarwirkung zeigt sich in Umständen, welche dazu dienen, die Erscheinung zu charakterisiren. Wenn man eine gläserne Röhre von einem kleinen Durchmesser oder eine Haarröhre in eine Flüssigkeit taucht, welche dieselbe naß macht, so sieht man sogleich, wie sich das Wasser in das Innere hineinstürzt und daselbst in einer Höhe schwebend bleibt, die von dem Durchmesser der Röhre und der Natur der Flüssigkeit abhängt; die Oberfläche, welche diese letztere an dem obern Theile begränzt, ist concav. Die Oberfläche der Flüssigkeit von außen erhebt sich gleichfalls über ihren Spiegel, in den Theilen, welche an die Röhre angränzen, so daß sie rings herum eine concave, ringförmige Fläche bilden. Wenn man anstatt einer Röhre eine Glasplatte eintaucht, so wird

anliegende Theil der Flüssigkeit gebogen unt
ot sich gegen jede Fläche so, daß er eine con
ngförmige Fläche bildet. Wenn man aber bei
ersuche mit der Röhre eine Flüssigkeit nimmt, w
icht naß macht, wie das Queckſilber, so geher
Gestalt- und Stellungsveränderungen, welche
Oberfläche des Queckſilbers erleidet, in entgege
setzter Richtung vor sich, d. h. das Queckſilber
tiefer als sein Spiegel und seine obere Oberfläch
conver. Der Versuch zeigt, daß eine und die
Flüssigkeit in verschiedenen, homogenen Röhren, w
von derselben naß gemacht werden, auf Höhen s
die beinahe im umgekehrten Verhältnisse zu dem D
messer der Röhren stehen. Das Sinken des Q
silbers unter seinen Spiegel richtet sich nach demſ
Gesetze. Der Versuch zeigt ferner, daß sich die Hö
auf welche verschiedene Flüssigkeiten in der nämt
Röhre steigen, nicht in dem Verhältnisse ihrer T
heiten befinden, denn der Alkohol und die Oele st
nicht so hoch als das Wasser; indessen scheine
einer und derselben Flüssigkeit die Differenzen
Niveau im geraden Verhältnisse mit den Dicht
zu stehen; wenn man vorläufig das Innere der
mit einer fetten Materie bestreicht, bevor man
das Wasser taucht, so fällt dieses anfänglich
nimmt eine leichte Convexität an der obern
fläche an; es steigt sodann über seinen Spie
reicht aber nie die Höhe, die es vorher hat
seine obere Fläche wird alsdann aus einer
eine concave Fläche. Dies sind die allgemei
scheinungen, welche die Capillarität auszeic

Lange Zeit konnte man keine genügen
rung von dieser Erscheinung geben. Man n
an, daß die Luft, die nur sehr schwer und
ger Menge in die Haarröhrchen eindring
Flüssigkeitssäule keinen so starken Druck
der ist, welcher von der äußeren Luft he

ß alsdann die Flüssigkeit steigen müsse. Man machte
ser Erklärung den Einwurf, daß man, da das
hänomen in dem leeren Raum stattfinde, dem-
ben diese Ursache nicht zuschreiben könne; man ant-
ortete darauf, daß, da der leere Raum nie voll-
mmen sei, die Menge Luft bleibe und nicht den
mlichen Druck im Inneren und Aeußeren der Röhre
süße, die Phänomene der Capillarität immer statt-
den müßten. Descartes nahm, aber ohne Erfolg,
seinen Wirbeln seine Zuflucht; aber von dem Au-
nblicke an, als Newton bewiesen hatte, daß die
nziehung in kleinen Entfernungen wirken könne, be-
g man die Capillarität auf eine Wirkung dieser
t. Hawksbee stellte als Grundsatz auf, daß, wenn
ne Haarröhre an einem ihrer Enden in Wasser ge-
ucht würde, der an der nämlichen Stelle liegende
lasring, der durch senkrechte Kräfte auf die kleine
melle von Flüssigkeit wirke, die das Eintauchen
it seinem Innern in Berührung gebracht hatte, das
asser specifisch leichter mache. Da nun der Druck
ser Lamelle auf die unter ihr liegenden Theile ver-
ndert ist, so treibt der der umgebenden Flüssig-
, der nun das Uebergewicht erlangt hat, die
sserlamelle in das Innere des folgenden Ringes;
nun die beiden Ringe auf den Theil der benach-
en Flüssigkeit eine der ersten ähnliche Wirkung
üben, so bringt der Druck des Wassers eine neue
chte zum Steigen u. s. w. Andere Hypothesen
en nach der Reihe aufgestellt, aber ohne irgend
Erfolg. Jurin, dem man eine Reihe interes-
r Versuche über die Capillarität verdankt, hat
den Grund davon eingesehen; nach ihm rührt
steigen des Wassers von der Anziehung des Rin-
r, der unmittelbar über der Säule liegt, welche
Flüssigkeit bildet. Folgender Versuch hat ihn
geleitet, diesen Grundsatz anzunehmen; wenn
vei Haarröhrchen von verschiedenem Durchmes-

ser an ihren Enden zusammenschweißt, sie in eine Flüssigkeit taucht, und sie sodann nach und nach herauszieht, so findet man, daß das Wasser in dem Systeme der beiden Röhren auf dieselbe Höhe steigt, welche dasselbe in einer Röhre von gleichem Durchmesser mit der, welche an den oberen Theil angeschweißt ist, erreicht haben würde. Die Theorien, welche auf die des Jurin folgten, stützten sich auf das nämliche Princip, um das umgekehrte Verhältniß des Steigens und der Durchmesser der Röhren zu zeigen, da sie aber nicht alle Umstände der Erscheinung erklären konnten, so war man genöthigt, auf Abstraktionen zu kommen, die nichts weniger bezweckten, als dem Phänomene seine Allgemeinheit zu benehmen. Das einzige Mittel bestand darin, die Hypothese der Berechnung zu unterwerfen, um zu sehen, ob die gewonnenen Resultate mit den beobachteten Thatsachen übereinstimmen. Dies that Clairaut; er zog die Kräfte, welche zu Hervorbringung des Phänomens beizutragen schienen, nämlich die Schwere, die Anziehung der Moleküle der Röhre gegen die der Flüssigkeit und die Attraktionen der Flüssigkeit gegen sich selbst, in Erwägung. Er nahm überdies auf einen Umstand Rücksicht, der vor ihm aus der Acht gelassen worden war, nämlich auf die concave oder convexe Krümmung des Meniskus, welcher die Flüssigkeitssäule begränzt, je nachdem ein Steigen oder ein Fallen in der Röhre stattfindet, dessen Einfluß Jurin angegeben hatte. Obgleich Clairauts Theorie mit vielem Scharfsinne verfaßt war, so konnte sie doch nicht alle Capillarerscheinungen vollständig erklären, weil sie nämlich eine unmögliche Thatsache voraussetzte, daß die Anziehung der Röhrenwand gegen die Flüssigkeit auf merkliche Entfernungen stattfinde. Zwar zeigte sie, daß es eine unendliche Menge von Attraktionsgesetzen gebe, die man zulassen könne und welche das umgekehrte Verhältniß zwischen dem Steigen und

dem Durchmesser der Röhre geben. Aber Clairaut wählte nicht das beste von diesen Gesetzen und überließ das Verdienst dieser Entdeckung dem Laplace, welcher als Grundsatz aufstellte, daß die Wirkung der Wände auf unendlich kleine Entfernungen gehe. Laplace, welcher, wie Clairaut, die Form des Meniskus in Anschlag brachte, führte die Frage auf ihr eigentliches Gegebenes zurück, so daß er aus seiner Theorie, von welcher wir sogleich einen Begriff zu geben versuchen, alle allgemeine Erscheinungen der Haarröhrchen ableiten konnte.

Wenn eine flüssige Masse in Ruhe ist, so ist ihre Oberfläche horizontal, die Flüssigkeit übt alsdann gegen sich selbst eine eigenthümliche und von der Schwere der Erde unabhängige Wirkung aus, welche ohne die Undurchdringlichkeit der Flüssigkeit ein Niederdrücken in dieser Masse hervorbringen würde. Wenn man jetzt annimmt, daß diese Oberfläche aus irgend einer Ursache concav oder convex werde, wie dies bei den Capillarerscheinungen der Fall ist, so zeigt der Kalkül, daß die eigenthümliche Wirkung der Flüssigkeit auf sich selbst modifizirt ist. Diese Wirkung ist stärker, wenn die Oberfläche convex, und geringer, wenn sie concav ist. Man kann nun auf folgende Weise diese Wirkungen ins Auge fassen. Betrachten wir zuerst eine flüssige Masse von rechtwinklichter Gestalt, deren obere Fläche eine horizontale Ebene ist, und suchen wir die Wirkung der Attraktion dieser Masse in unendlich kleinen Entfernungen auf eine sehr dünne Säule, die in ihrem Inneren liegt und deren Richtung auf die obere Fläche senkrecht ist. Betrachten wir in dieser Säule in einer Entfernung von dieser Ebene, die geringer ist, als der Radius der Wirksamkeitssphäre der Flüssigkeit irgend einen Punkt oder ein Molekül; ziehen wir in Gedanken unter diesem Moleküle eine Ebene, die mit der oberen Ebene parallel läuft und welche in derselben Entfernung von

küle liegen, bis auf eine Entfernung, die ge
als der Radius der Wirksamkeitssphäre der F
keit ist, Wirkungen ausüben, welche dahin abzu
diese verschiedenen Punkte zum Steigen zu bri
woraus folgt, daß die Gesammtwirkung des M
kus dahin geht, diese Säule von unten nach ob
bewegen. Nun hat man vorher gesehen, d
flüssige Masse, welche die Ebene begränzt, die
converen Oberfläche die Berührungsfläche bildet
Zwecke hat, diese Säule zum Sinken zu bringe
folgt daraus, daß, wenn man den Menisku
die Masse zum Steigen zu bringen sucht, a
diese ein größeres Streben haben wird, zu sink
daß die Wirkung der converen Masse der W
der ebenen Masse nebst der des converen Me
gleich ist. Wenn man anstatt einer converen
fläche eine concave nimmt und sich immer der
Berührungsfläche bedient, so ist es leicht, zu ben
daß die Wirkung des Meniskus zum Zwecke ha
Säule zum Steigen zu bringen, so daß die
kung der Masse, welche eine concave Fläche beg
der Wirkung der ebenen Masse nach Abzug derj
gleich ist, welche die Wirkung des Meniskus h
brachte.

Wenn man jetzt annimmt, daß die Sehne,
den Bogen der Krümmung mißt, constant bleib
daß die Krümmung selbst immer merklicher wi
bildet man alsdann einen größeren Theil der
pherie, deren Radius immer kleiner wird. Aus
Lage der Sache erhellt, daß die Zahl der in
der beiden Menisken enthaltenen Moleküle sic
mehren und daß die Wirkung der Menisken
falls zunehmen werde; Laplace hat bewiesen
diese Wirkung im umgekehrten Verhältnisse des
der sphärischen Fläche sei. Wir wollen jetzt sehen
sich diese Theorie auf die Erklärung der Capi
scheinungen anwenden läßt; wir werden dadur

bekommen, von Thatsachen zu sprechen, deren
t erwähnt hat.
n man in einer Röhre, wo die Capillar-
vor sich geht, in Gedanken eine senkrechte
welche unendlich fein und von den Wänden
e hinlänglich entfernt ist, so daß diese keinen
auf dieselbe äußern kann, absondert, und
dem untern Theile diese gedachte Röhre eine
le Richtung annimmt und sich sodann senk-
der so aufrichtet, daß sie in die Flüssigkeit
der Röhre einmündet, so ist augenscheinlich,
Wasser, wenn der Druck an jedem der oberen
e derselbe ist, in den beiden Säulen gleich
n werde, während es in einer von denselben
er fallen wird, je nachdem der Druck in der
Säule größer oder geringer ist; was der Fall
, je nachdem die obere Fläche der Säule
röhrchens concav oder convex ist. Die Flüssig-
jedoch bei dem Steigen in der Röhre über
iegel die Differenz des Druckes durch die
zunahme ersetzen. Da nun Laplace durch
hrte Analyse gefunden hatte, daß die Wir-
Menisk us im umgekehrten Verhältnisse des
s der Röhre stehe, so wird die Höhe der
t dem nämlichen Verhältnisse unterworfen

hat weiter oben gesehen, daß das Sinken
kfilbers in den Haarröhren nur in so weit
als ihre inneren Wände mit einer Schichte
htigkeit überzogen waren. Wenn man also
en getrocknetes Queckfilber in einen Heber
n einer Schenkel ein Haarröhrchen ist, und
derer Schenkel einen Durchmesser von einer
Ausdehnung hat, und man an der Lampe
Endpunkte schließt, nachdem man die beiden
von Luft gereinigt hat; so steigt in dem Augen-
der convexe Theil nach unten gekehrt wird,

das Queckſilber um mehrere Linien in dem Capillarſchenkel.

Die Theorie erklärt vollkommen das Steigen des Waſſers zwiſchen zwei Platten, die parallel und in einer ſehr kleinen Entfernung an einander liegen; die Gränzfläche bildet in dieſem Falle eine Art Furche, die einem Theile eines hohlen Cylinders ähnlich iſt; der Schnitt dieſes Cylinders nach einer Ebene, die auf den Flächen ſenkrecht iſt, iſt ein Kreisbogen, welcher der nämliche wie in einer Röhre iſt, welche die Entfernung der beiden Platten zum Durchmeſſer hätte. Wenn man ſich nun an dem niedrigſten Punkte der Krümmung der inneren Flüſſigkeit einen ſenkrechten Kanal denkt, der ſo umgebogen iſt, daß er über die Fläche der äußeren Flüſſigkeit hervorragt, ſo iſt augenſcheinlich, daß die Flüſſigkeit zwiſchen den Platten wie in den Röhren, wegen der Wirkung des Meniskus ſteigen wird. Laplace hat bewieſen, daß die Wirkung dieſes Meniskus der halben Summe der Wirkungen der Menisken gleich ſei, die von zwei ſphäriſchen Flächen gebildet werden, wovon die eine zum Radius den des Schnittes, welchen die Figur zeigt und die andere den des Schnittes, der auf der vorhergehenden ſenkrecht ſteht, haben würde. Da aber dieſer Schnitt eine gerade Linie iſt, deſſen Radius unendlich groß iſt, ſo muß der Meniskus Null ſein, und es bleibt nur noch die Hälfte von der Wirkung des Meniskus übrig, den die erſtere Kugel bildete, während in einem Haarröhrchen, deſſen Durchmeſſer der Entfernung zwiſchen den zwei Platten gleich iſt, das Steigen der Flüſſigkeit durch die ganze Wirkung des Meniskus vorgeſtellt wird. Die Flüſſigkeit muß alſo einmal weniger zwiſchen den beiden Platten als in der Röhre ſteigen. Der nämliche Lehrſatz beweist, daß in dem Zwiſchenraume zwiſchen zwei concentriſchen Röhren die Capillarwirkung derjenigen ähnlich iſt, welche zwiſchen zwei parallelen Ebenen hervor-

gebracht wird; diese analytischen Resultate werden durch den Versuch bestätigt.

Wir wollen zu dem Falle übergehen, wo zwei Platten, die an einem ihrer Ränder vereinigt sind, zwischen sich einen kleinen Winkel bilden. Der Versuch beweist, daß in diesem Falle das Wasser auf eine ungleiche Weise in dem Raume steige, der zwischen den zwei Ebenen liegt, und um so mehr, als man Theile im Auge hat, die der Verbindungslinie näher liegen: die äußersten Punkte der liquiden Säulen gehören zu einer gleichseitigen Hyperbel. Es ist leicht zu beweisen, daß dem so sein müsse. Nehmen wir an, daß man eine Ebene durch die Verbindungslinie und die innere Flüssigkeit lege; man bekommt auf der einen Seite die Curve, welche zur Achse der Coordinaten die Verbindungslinie und zur Achse der Abscissen die Schnittlinie dieser Ebene mit dem unteren Theile der Flüssigkeiten haben wird. Nun kann man das Wasser als eine Vereinigung von kleinen Cylindern ansehen, welche zur Höhe die senkrechten Linien haben, die von der Abscissenachse bis zu dem Endpunkte der Curve gezogen sind und welche zum Durchmesser die der Ordinatenachse entsprechenden Weiten hätten. Nun müssen nach dem Gesetze, nach welchem sich das Steigen in den Haarröhrchen richtet, die Höhen der Flüssigkeit im umgekehrten Verhältnisse des Diameters der Grundflächen stehen. Da aber jede Höhe im umgekehrten Verhältnisse des Diameters der Grundfläche steht, und da die Diameter den Abscissen proportional sind, so erhellt daraus, daß die Erhebungen im umgekehrten Verhältnisse der Abscissen stehen, was das Kennzeichen der gleichseitigen Hyperbel ist, welche nothwendig die beiden vorhin erwähnten Achsen zum Asymptoten hat. Wir haben noch zu zeigen, wie man mit der Theorie des Laplace die Bewegung der Flüssigkeiten in konischen Röhren oder zwischen zwei unter einem kleinen Winkel

geneigten Platten erklären könne. Nehmen wir eine an beiden Enden offene konische Röhre und legen sie so, daß ihre Achse horizontal ist; wenn man in das Innere einen Tropfen Wasser oder Orangeöl fließen läßt, so sieht man sogleich, wie sich dieser Tropfen nach oben zieht.

Denken wir uns eine kleine Flüssigkeitssäule in irgend einer Lage; da die beiden Oberflächen dieser Säulen concav sind, so wirkt die Krümmung, welche einem kleineren Durchmesser entspricht, kräftiger, um die Säule gegen den Gipfel hinzuziehen, als die Krümmung, welche einem größeren Radius entspricht, um die Säule nach der Grundfläche hinzuziehen. In Folge einer Differenz in der Wirkung wird sich die Säule mit einer immer wachsenden Geschwindigkeit nach oben begeben müssen. Man erhält eine entgegengesetzte Wirkung mit dem Quecksilber, weil, da die äußersten Flächen convex sind und die der obern Grundfläche die größte Krümmung haben, daraus ein stärkeres Streben der Säule hervorgeht, sich nach der Grundfläche der Röhre, als nach dem Gipfel und mit einer immer abnehmenden Geschwindigkeit zu begeben. Wenn man den Gipfel der Röhre mehr oder weniger neigt, so erhält man Erscheinungen, die von der Capillarität und von der Schwere abhängen.

Die Theorie erklärt auch auf eine leichte Weise die scheinbaren Attraktionen und Repulsionen zweier kleinen Körper, die auf einer Flüssigkeit und in einer kleinen Entfernung von einander schwimmen. Wenn man zwei kleine Wachskugeln nimmt, die von dem Wasser, auf dessen Oberfläche sie gelegt werden, nicht naß gemacht werden können, und man sie einander auf eine kleine Entfernung näher bringt, so werden sie sich vereinigen. Da diese Kugeln nicht naß werden, so drücken sie nothwendig das Wasser um sie herum nieder und alsdann fängt an der Gränze der Höhlung die Flüssigkeit an, eine etwas convere

Krümmung zu bilden. Ist die Entfernung zwischen den beiden Körpern ziemlich groß, so bleibt der Theil der Fläche, der zwischen den beiden Convexitäten liegt, wasserrecht. Daraus geht hervor, daß, da der Seitendruck, welchen die Flüssigkeit auf allen Seiten auf jedes Kügelchen ausübt, gleich ist, das Gleichgewicht nicht gestört wird; verringert sich aber die Entfernung zwischen den beiden Kügelchen, so tritt ein Augenblick ein, wo alle Flüssigkeit, die sich in dem dazwischen liegenden Raume befindet, niedergedrückt wird; alsdann erhalten die Seitendrucke das Uebergewicht und treiben nothwendigerweise die Kügelchen an einander.

Wir wollen jetzt zwei runde Körper, zwei Kügelchen, betrachten, wovon das eine naß wird, das andere nicht, wie Kork und Wachs; die Flüssigkeit wird sich um das erstere erheben und sich um das zweite vertiefen. Bringt man sie bis auf eine gewisse Entfernung einander näher, so wird, da der Druck, welcher seitwärts auf die Korkkugel von Seite des Zwischenraums wirkt, welcher sie trennt, stärker ist, als der Druck, welcher an dem entgegengesetzten Theile stattfindet, die Wachskugel wegen der Erhebung der Flüssigkeit zwischen dem Zwischenraume und der Korkkugel genöthigt sein, zurückzuweichen, wie wenn sie von der andern zurückgetrieben würde. Betrachtet man endlich zwei Körper, welche naß werden können, so laufen sie auf einander zu und vereinigen sich endlich; die Laplace'sche Theorie erklärt diese Erscheinung gleichfalls; durch Verringerung der Entfernung, welche die beiden Körper trennt, tritt ein Augenblick ein, wo das Wasser niedergedrückt ist, und da alsdann der Seitendruck die Oberhand behält, so laufen die beiden Körper zusammen.

Zwei parallele Platten, die senkrecht in das Wasser gehängt werden, sie mögen von dem Wasser naß werden oder nicht, ziehen sich merklich an, wenn man

sie hinlänglich einander nähert, so daß der geradlinichte Raum, der sie trennt, verschwindet, und die Krümmungen sich kreuzen; sie stürzen alsdann aufeinander zu, vereinigen und drängen sich; wird bloß eine der Platten naß, so findet Repulsion Statt. Diese Phänomene gehören in die Klasse der vorhin beschriebenen Erscheinungen.

Es ist leicht zu beweisen, warum ein Haarröhrchen, das nicht so lang ist, als die Flüssigkeitssäule in seinem Inneren steigen würde, dieser Flüssigkeit keinen Ausfluß gestattet, woraus eine beständige Bewegung entspringen würde: von dem Augenblicke an, wo die Flüssigkeit die Höhe der Röhre erreicht hat, wird die obere Oberfläche, die vorher concav war, conver; da diese auf die Flüssigkeit einen größeren Druck ausübt, als die ebene Oberfläche, so thut sie natürlicher Weise der aufsteigenden Bewegung Einhalt.

Nachdem Laplace die Theorie der Haarröhrchen beendigt hatte, so lud er Gay-Lussac ein, eine Reihe von Versuchen anzustellen, um zu sehen, wie weit die Resultate der Analyse durch die der Versuche bestätigt würden. Die Erhebungen und Senkungen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen wurden mit der Genauigkeit astronomischer Beobachtungen gemessen. Die Durchmesser der Röhren wurden durch das Gewicht der Queckssilbersäule bestimmt, die man in dieselbe hineingebracht hatte. Um vergleichbare Wirkungen zu erhalten, wurden die Röhren inwendig mit der Flüssigkeit befeuchtet, mit welcher man operirte; weil die Physiker, die sich mit dieser Frage beschäftigten, alle diese Vorkehrungen unterließen, so sind sie zu verschiedenen Resultaten in Beziehung auf die Höhe einer Flüssigkeit in Haarröhrchen gelangt. Gay-Lussac ist der Erste, welcher beständig diese Vorkehrungen bei den Versuchen traf, deren Resultate folgende sind:

Bei einer Röhre von weißem Glase, deren inne-

rer Durchmesser 1,29441^{mm} betrug, war die mittlere Höhe der Wassersäule 23,1634^{mm}, die Temperatur war 8°; addirt man zu dieser mittleren Höhe das Sechstel des Durchmessers der Röhre, so bekommt man 23,3791^{mm}. In einer andern Röhre von 1,90381^{mm} im Durchmesser und bei derselben Temperatur, betrug das Steigen 15,5861^{mm}, addirt man das Sechstel des Diameters dazu, so erhält man 15,9034^{mm}. Diese beiden Resultate zeigen uns, daß die korrigirten Erhebungen beinahe die reciproken Verhältnisse des Diameters der Röhren sind. Nach Laplace wird die angezeigte Korrektion durch das Anhängen der Flüssigkeit an der Wand der Röhre, welche die Erhebung ihr Maximum nicht erreichen läßt, nothwendig gemacht.

Gay-Lussac hat auch die Erhebung des niedrigsten Punktes von der Oberfläche des Wassers bestimmt, der sich zwischen zwei Glasplatten erhebt, die senkrecht und parallel, einander sehr nahe gebracht, in eine Flüssigkeit eintauchen. Bei einer Entfernung von 1,069^{mm} gab der mittlere von fünf, unter sich nicht sehr verschiedenen Versuchen, eine mittlere Höhe, die 13,574^{mm} gleich ist. Als er mit Alkohol operirte, so fand er, daß die korrigirten Erhebungen in verschiedenen sehr engen Haarröhrchen im umgekehrten Verhältnisse des Durchmessers der Röhren stehen, und durch mehrere Versuche, daß das Gewicht einer Wassersäule, die in dem Augenblicke aufgehoben wurde, wo sie sich losmachen wollte, 59,40 Gr. betrage. Um die nämliche Glasscheibe vom Alkohol loszumachen, mußte man ein Gewicht von 31,08 Gr. bei derselben Temperatur und bei einem Alkohole anwenden, der eine specifische Schwere von 0,81961 hatte; mit Alkohol von einer Dichtheit von 0,8595 war bei derselben Temperatur die Erhebung in der ersten Röhre mit Rücksicht auf die Korrektion 9,31649^{mm} und das Gewicht, um die

küle liegen, bis auf eine Entfernung, die geringer als der Radius der Wirksamkeitssphäre der Flüssigkeit ist, Wirkungen ausüben, welche dahin abzwecken, diese verschiedenen Punkte zum Steigen zu bringen; woraus folgt, daß die Gesammtwirkung des Meniskus dahin geht, diese Säule von unten nach oben zu bewegen. Nun hat man vorher gesehen, daß die flüssige Masse, welche die Ebene begränzt, die an der converen Oberfläche die Berührungsfläche bildet, zum Zwecke hat, diese Säule zum Sinken zu bringen; es folgt daraus, daß, wenn man den Meniskus, der die Masse zum Steigen zu bringen sucht, abzieht, diese ein größeres Streben haben wird, zu sinken, so daß die Wirkung der converen Masse der Wirkung der ebenen Masse nebst der des converen Meniskus gleich ist. Wenn man anstatt einer converen Oberfläche eine concave nimmt und sich immer derselben Berührungsfläche bedient, so ist es leicht, zu beweisen, daß die Wirkung des Meniskus zum Zwecke hat, die Säule zum Steigen zu bringen, so daß die Wirkung der Masse, welche eine concave Fläche begränzt, der Wirkung der ebenen Masse nach Abzug derjenigen gleich ist, welche die Wirkung des Meniskus hervorbrachte.

Wenn man jetzt annimmt, daß die Sehne, welche den Bogen der Krümmung mißt, constant bleibt, und daß die Krümmung selbst immer merklicher wird, so bildet man alsdann einen größeren Theil der Peripherie, deren Radius immer kleiner wird. Aus dieser Lage der Sache erhellt, daß die Zahl der in jedem der beiden Menisken enthaltenen Moleküle sich vermehren und daß die Wirkung der Menisken gleichfalls zunehmen werde; Laplace hat bewiesen, daß *diese Wirkung im umgekehrten Verhältnisse des Radius der sphärischen Fläche sei. Wir wollen jetzt sehen, wie sich diese Theorie auf die Erklärung der Capillarerscheinungen anwenden läßt; wir werden dadurch* G

Th. Young hatte die Unveränderlichkeit des Winkels, unter welchem die Capillaroberfläche die der Röhre schneidet, und das Verhältniß gefunden, welches zwischen der Erhebung der Flüssigkeit in einer Röhre von sehr kleinem Durchmesser und ihrer Adhäsion an einer Scheibe, die aus derselben Substanz, wie die Röhre bestand; er erhob gegen die Theorie des Laplace mehrere Einwürfe, wovon zwei von den Mathematikern in Erwägung gezogen wurden. Der eine ist der, daß Laplace die Einwirkung der Wärme bei der Berechnung der Molekularkräfte nicht in Anschlag gebracht habe, und der andere ist aus einem Versuche genommen, der sich auf den Fall von mehreren in einer Röhre über einander befindlichen Flüssigkeit bezieht. Um die von der Wärme entstehende Repulsion in Anschlag zu bringen, sagt Poisson, habe man nur, in Beziehung auf die gegenseitige Wirkung zweier Moleküle den Ueberschuß der Attraktion ihrer wägbaren Materie über die Repulsion ihrer Wärmemenge zu nehmen und demnach die Funktion zu erwägen, die sie als eine Größe bezeichnet, welche in der Ausdehnung ihrer wahrnehmbaren Werthe das Zeichen verändern kann.

Laplace hatte in seinen Berechnungen einen wichtigen physischen Umstand, die schnelle Veränderung an Dichtheit, ausgelassen, welche die Flüssigkeit an ihrer freien Oberfläche und an der Wand der Röhre erleidet und ohne welche die Capillarerscheinungen nicht stattfinden können. In dieser Beziehung drückt sich Poisson folgendermaßen aus:

„In dem Zustande des Gleichgewichtes wird jede unendlich dünne Schichte einer Flüssigkeit auf gleiche Weise auf ihren beiden Flächen durch die repulsive Wirkung der benachbarten Moleküle zusammengedrückt, und um ihre Attraktivkraft vermindert, oder man kann sie, was dasselbe ist, betrachten, als stütze sie sich auf den Theil der Flüssigkeit, der auf der einen

e liegt und werde von dem Theile zusammenge-
kt, der auf der entgegengesetzten Seite liegt, und
Grad der Verdichtung wird durch die Größe ihrer
ammendrückenden Kraft bestimmt. In einer merk-
hen Entfernung von der Oberfläche der Flüssigkeit
hrt diese Kraft von einer Schichte der Flüssigkeit
er, die an der unendlich dünnen Schichte liegt, de-
en Dicke vollständig und überall dieselbe, d. h. dem
Radius der Thätigkeit der flüssigen Moleküle gleich
ist, und aus diesem Grunde ist die untere Dichtheit
auch constant, abgesehen von der kleinen Verdichtung,
welche von der Schwere herrührt, die mit der Ent-
fernung von der obern Fläche verschieden ist; ist aber
diese Entfernung geringer, als der Radius der Mo-
lekularthätigkeit, so ist auch die Dicke der Schichte,
die über derjenigen liegt, die man betrachtet, kleiner
als dieser Radius. Die zusammendrückende Kraft,
die von dieser obern Schichte herrührt, nimmt mit
der Entfernung von der Oberfläche alsdann sehr
schnell ab und verschwindet an der Oberfläche selber
gänzlich, wo die unendlich dünne Schichte nur noch
durch den atmosphärischen Druck zusammengedrückt
wird. Demnach nimmt die Verdichtung der Flüssig-
keit gleichfalls nach einem unbekannten Gesetze in dem
Verhältnisse ab, als man sich ihrer freien Oberfläche
nähert und ihre Dichtheit ist an dieser Oberfläche und
bei einer Tiefe, die ein klein wenig den Wirksamkeits-
radius ihrer Moleküle übertrifft, sehr verschieden, wa
hinreicht, um der unteren Dichtheit der Flüssigk
gleich zu sein."

Poisson bewies, daß, wenn man diese schnelle V
änderung der Dichtheit in der Dicke der oberflä
chen Schichte aus der Acht lasse, die Capillarc
fläche eben und horizontal bleibe. Er bewies
Nothwendigkeit, auf das veränderliche Zusam
drücken, welches die Flüssigkeit in der Röh
Röhrenwand erleidet und das sich bis an die

der von diesem festen Körper ausgeübten Wirkung erstreckt, Rücksicht zu nehmen. Mit Rücksichtnahme auf diese Angaben gab er die Gleichung, die allen Punkten der Berührungsoberfläche von zwei übereinanderbefindlichen und in irgend einer Röhre enthaltenen Flüssigkeiten gemeinschaftlich ist, und die besondere Gleichung, für ihre Umfangspunkte, was als einen besondern Fall die Gleichungen umfaßt, die auf die freie Oberfläche einer einzigen Flüssigkeit Bezug haben. Er hat sodann diese allgemeine Gleichungen auf das Gleichgewicht der Flüssigkeiten in den Röhren von einem sehr kleinen Durchmesser angewandt.

Von der Capillarität bei den Gasen.

Dobereiner hat entdeckt, daß das Wasserstoffgas, das in Gefäßen von rissigem Glase und über Wasser enthalten ist, aus dem Gefäße durch die Ritzen entweicht und auf diese Weise dem Wasser gestattet, in das Gefäß zu steigen. Die Höhe von diesem beträgt oft acht Centimeter über dem äußeren Spiegel. Er schrieb diese Erscheinung einer Capillarwirkung der beiden getrennten Flächen des Glases zu; da aber das Wasserstoffgas das einzige ist, welches diese Eigenschaft besitzt, so nahm er an, daß sie davon herrühre, daß die Moleküle des Wasserstoffgases kleinere Dimensionen haben, als die Moleküle der andern Gase, während sie zu gleicher Zeit durch die Wirkung der Wärme ausgedehnter seien.

Magnus war der Meinung, daß das Sauerstoffgas der umgebenden Luft, das zu gleicher Zeit mit dem Wasserstoffgase eindringe und diese beiden Gase, die sich in der Ritze in Folge der Capillarität verdichten, Wasser das Entstehen geben, das verdampft, und daß, da diese Erscheinung unaufhörlich war, die Wirkungen vor sich gingen, wie wenn der Wasserstoff durch die Ritze entwiche. Um zu prüfen, wie

ese Behauptung gegründet sei, na
äsernes zersprungenes Gefäß, das
u gefüllt und über Quecksilber
s Gefäß war mit einer andern gl
eben, die gleichfalls in das nämli
eintauchte. Der Spiegel des i
r höher als der des äußeren G
piegelverschiedenheit leichter zu beo
alle der Wasserbildung hatte sich
Wasserstoffs zu gleicher Zeit mit
atmosphärischen Luft der einhüllen
mindert. Der Versuch zeigte,
in dem inneren Gefäße stieg,
äußeren Glocke in dem nämlich
als das andere stieg; was au
daß das Wasserstoffgas durch
Vermittlung des Sauerstoffga
ners Versuch ist auf eine anh
wiederholt worden; das inn
sphärischer Luft und das äuß
worden. Man fand Erschei
gehenden analog waren.
mit Wasserstoff, die Glo
gefüllt; die Erscheinunge
bei der atmosphärischen
zwischen dem Wasserstoff
stattfindet, so muß mo
Verwandtschaft in He
keinen Antheil hat.
erklären, daß er fi
zuschrieb; wir halte
tung, welche nicht
Die Capillarer
ihren Beziehungen
moose und Eros
Erwähnung gesch
besonderen Kapi

allen ihrer Wichtigkeit gebührenden Ausführlichkeiten behandelt werden, wenn wir von der Aufsteigung des Saftes in den Pflanzen und im Allgemeinen von der Circulation der Flüssigkeiten in Gefäßen sprechen werden, die durch Scheidewände von einander getrennt sind.

Zehntes Kapitel.

Von der Akustik.

Von dem Schalle, seinem Maße, seiner Fortpflanzung, seiner Geschwindigkeit und seiner Intensität.

Ehemals beschäftigte sich die Akustik nur mit dem Schalle oder mit Schwingungen, die von dem Gehöre wahrgenommen werden können; heutzutage ist aber dieser Zweig der Physik beträchtlich erweitert worden, weil man auch noch das Studium der Schwingungen darunter versteht, die aus den molekularen Eigenschaften der Körper unabhängig von der Empfindung entstehen, die sie auf das Gehör hervorbringen. Besonders muß uns dieser letztere Theil der Akustik interessiren, weil er uns Principien liefert, auf die wir uns berufen werden, um die Molekularbeschaffenheit der Körper zu studiren.

Die Alten besaßen, wie wir schon gesagt haben, einige Begriffe über die Art und Weise, wie sich der Schall in der Luft fortpflanzt; Pythagoras und Aristoteles wußten z. B., daß der Schall vermittelst der Luft in unsere Ohren fortgepflanzt wird. Sie hatten auch Begriffe über die Natur der Harmonie. Pythagoras hatte einen interessanten Versuch über die Verhältnisse der Töne angestellt. Man findet in Vitruv verschiedene Stellen, welche beweisen, daß man das kannte, was auf die Schallwellen, auf

die Verstärkung und auf die Reflexionen de
Bezug hat. Demungeachtet existirte die A
nicht als Wissenschaft, bevor sich Baco
Marsenne und Wallis mit der Erforschung
der Erscheinungen abgaben, welche diesen
Physik bilden.

Newton hat zuerst gesucht, die Fortpflа
Schalles durch die Luft der mathematische
zu unterwerfen. Dieser große Mann nah
die Luft ein ausnehmend elastischer Körpe
daß die Wirkung irgend eines Stoßes da
sie in der Richtung dieses Stoßes zu verb
angestoßene Theil, der seinerseits rückwirkt
Theil zurück, der ihn aus der Stelle gebr
und trieb zu gleicher Zeit denjenigen for
der entgegengesetzten Seite war, so daß
küle abwechslungsweise vor- und rückwärts
hat indessen in seine Theorie Irrthümer
die von Crammer bemerkt und von Euler un
verbessert wurden.

Der Schall wird durch Schwingungen
einanderfolgende, mehr oder weniger anha
schütterungen hervorgebracht: diese Schwing
len sich allen Körpern mit, mit welchen d
terte Körper in Berührung ist, so wie auc
welche zur Vermittlerin dient, um zu dem
gane zu gelangen.

Die Empfindung des Schalls hängt al
Bewegungen ab, welche dem Trommelhäu
Vermittlung der Luft oder der Flüssigkeiten,
es sich befindet, mitgetheilt werden. Sava
Thatsache, welche seit langer Zeit a priori
men war, dadurch bewiesen, daß er zeigt
Figuren, welche von dem Sande auf den gr
branen hervorgebracht wurden, gleichfalls
von einem kleinen Durchmesser stattfinden.
Schall mehr oder weniger hoch ist, je w

Schwingungen mehr oder weniger schnell ist,
s unerläßlich, genaue Mittel zu haben, um
der Schwingungen, welche einen Schall
igen, zu messen.
nne hatte diese Zahl nach dem Gesetze der
Saiten bestimmt, welche eine Anzahl von
ngen im umgekehrten Verhältnisse dieser
bt; dieses Verfahren enthält Ursachen zu
en. Die Saite nimmt beim Schwingen eine
Bewegung an, welche ihre Schwingungen
; bei dem Verkürzen einer Saite wird der
mer höher, als er sollte, weil die Bieg-
welche von den Mathematikern als vollkom-
nommen wird, gar nicht existirt, und weil
Steifheit einer auch sehr feinen Saite, in
ältnisse wahrnehmen läßt, je kürzer diese
rd; endlich stören auch noch die Verhält-
Stoffe, woraus das Instrument besteht,
ieser Art von Versuchen bestimmt ist, die-
tat durch den Einfluß, den die Reaktion
theilten Schwingungen auf die der Saite

ai hat zu Bestimmung eines Schalles, wo-
Zahl der Schwingungen bekannt ist, das
Stäbe angenommen, bei welchen die Zahl
ingungen im umgekehrten Verhältnisse der
urzel ihrer Länge zunimmt; diese Bestim-
aber nicht genau.
hat zur Grundlage das Gesetz der Span-
h Gewichte angenommen; dieses Verfahren
lls verworfen worden, weil ein von einem
gespannter Faden nicht dieselbe Länge behält
ange sich zu verlängern fortfährt, besonders
sehr starke Gewichte andringt.
ard Latour hat seine Sirene angewandt,
ment, das ganz geeignet ist, den Schall
. das aber nur in soweit vollständig war,

Scheibe von der Oberfläche des Alkohols wegzubringen, 32,87 Gr. Mit Alkohol zu 0,94153 erhob sich die Flüssigkeit in derselben Röhre auf 9,99727^{mm} und die Adhäsion der Scheibe betrug 37,152 Gr. Als er mit Terpentingeist operirte, dessen Dichtheit 0,869458 betrug, war die Höhe der Säule in der ersten Röhre 10,16729^{mm}, mit der Korrektion und Adhäsion wurde gefunden 34,104 Gr. Die Scheiben verschiedener Substanzen, die von derselben Flüssigkeit naß werden, setzen bei gleichen Durchmessern ihrer Trennung von dieser Flüssigkeit denselben Widerstand entgegen; der Widerstand ist gleich der Adhäsion der Flüssigkeit unter sich selbst. Dieses Resultat ist von Gay-Lussac mit einer Scheibe von Glas und von Kupfer bestätigt worden. Wenn die Flüssigkeit die Scheiben befeuchtet, so kann man durch den Versuch nur das Maß der Attraktion der Flüssigkeit unter sich selber erhalten; werden aber die Scheiben nicht vollkommen naß, so bringt das Reiben, das die Flüssigkeit an der inneren Fläche bewirkt, große Verschiedenheiten in den Resultaten hervor, wie man dies fand, als man mit Glasscheiben und Quecksilber operirte.

Kehren wir zu der Theorie des Laplace zurück, welche in den Jahren 1806 und 1807 erschien, um die Modifikationen besser anzugeben, welche man an derselben anbringen zu müssen glaubte. Dieser berühmte Mathematiker hatte gezeigt, daß man die Wirkung der Moleküle der Röhre auf die der Flüssigkeit und die gegenseitige Wirkung der Moleküle der Flüssigkeit, die, wie nach einem von dem Contakte an bis auf eine unmerkliche Entfernung, wo sie ganz verschwinden, unbekanntem Gesetze, sehr schnell abnehmen, erwägen müsse und daß diese Kräfte sich nach dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung richten. Auf diese Weise erhielt er die Gleichung der Oberfläche in ihrem Zustande des Gleichgewichts

ng des Weges und Unterbrechung der Luft,
:s hervorgebracht werden, wie die Sirene,
der Luft und im Wasser ihre Wirkungen
uns ein Beispiel davon liefert: und das
en, welches die Oeffnung eines Heronsballs
schließt, ist ein anderes Beispiel. Nun
Instrumente, welche geeignet sind, Töne
Saiten, den freien Mundstücken hervorzu-
er Apparat des Labarre, die Sirene des
die Stimmritze aus Stahl und Kautschuk
ird. Man stellte ziemlich ausgedehnte Unter-
über die tiefsten und höchsten Töne an,
r noch wahrnehmen kann. Der tiefste Ton,
Musik angewandt wird, wird durch zwei-
Schwingungen erzeugt, aber diese Gränze
iert werden, denn man kann sich gleich-
Töne von zwölf Schwingungen auf die
adurch erhalten, daß man stärkere Stöße
gt, damit die Dauer jedes Schlages auf
n bis zum Augenblicke fortwirke, wo sich
de Schlag wahrnehmen läßt. Was die
:s höchsten Tones anbetrifft, so hat man
icht positiv bestimmen können.
ton behauptete, daß sehr hohe Töne, wie
der Fledermaus, für gewisse Ohren nicht
ar wären, und daß man über mehr als
ißigtausend Schwingungen hinaus die Töne
höre, welche mehrere Thiere indessen noch
ahrnehmen. Savart ging vermittelst seines
mit gezahnten Rädern über diese Gränze
gelang ihm, dadurch Töne von zweiund-
end und sogar achtundvierzigtausend Schwin-
empfinden.
ls schenkte man dem Schalle, welchen man
nennt, keine Aufmerksamkeit, weil man
daß er in keiner Beziehung zu den musi-
Tönen stehe; aber dieses Geräusch, das

immer aus mehreren Tönen besteht, kann von dem Ohre wahrgenommen werden, besonders wenn man mehrere Geräusche derselben Art mit einander vergleicht. Es ist für das Gehörorgan hinreichend, daß ein Ton aus einer sehr geringen Anzahl von Stößen oder wechselseitigen Zusammenpressungen und Ausdehnungen entsteht. Zwei dieser Stöße, welche in einer kurzen Zeit erzeugt werden, bestimmen einen wahrnehmbaren Ton. Es ist jetzt ganz begründet, daß das Geräusch das Produkt von Schwingungen ist, welche denen ähnlich sind, welche die musikalischen Töne begründen; der einzige Unterschied besteht in der Kürze der Schwingungsdauer oder in der verworrenen Mischung einer großen Anzahl von Tönen.

I. Von der Fortpflanzung und Geschwindigkeit des Schalles.

Es ist noch nicht völlig bewiesen, obgleich es wahrscheinlich ist, daß die Fortpflanzung und die Geschwindigkeit für die hohen und tiefen Töne dieselben sind. Marian glaubte bei einem mit Glocken angestellten Versuche wahrzunehmen, daß der hohe Ton schneller als der tiefe Ton ankomme; aber auf der anderen Seite hat man schon lange bemerkt, daß, wenn man ein Concert in großen Entfernungen hört, man zugleich das Maß und die Harmonie wahrnimmt, d. h. alle Accorde, was nur durch die Annahme möglich ist, daß alle Töne dieselbe Geschwindigkeit haben.

Man kann unter den Physikern, welche sich damit beschäftigt haben, die Geschwindigkeit des Schalles zu bestimmen: in Frankreich den P. Marsenne, Cassini, Huyghens, die Mitglieder der Akademie der Wissenschaften im Jahr 1738 und die Mitglieder des Längenbureau im Jahr 1822; in England Walker im Jahr 1698, Flamsteadt, Halley und Derham im Jahr 1704; in Italien die Mitglieder der Akademie

del Cimento im Jahr 1660 und Blanconi im Jahr 1440; in Deutschland Meyer im Jahr 1778, Müller im Jahr 1791 und Benzenberg im Jahr 1809; in den Niederlanden Mohl, van Beck im Jahr 1823; in Amerika la Condamine im Jahr 1740 und Espinosa de Banza im Jahr 1794 anführen.

Die Resultate, welche von allen diesen Physikern erhalten wurden, zeigen ziemlich beträchtliche Differenzen.

Im Jahr 1738 bestimmten die Mitglieder der Akademie der Wissenschaften die Geschwindigkeit des Schalls zwischen Montlhery und Montmartre, die von einander 29,000 Meter entfernt sind; das Zeichen wurde durch Kanonenschüsse gegeben, und Beobachter, welche an den verschiedenen Orten in gerader Linie aufgestellt waren, bemerkten die seit der Erscheinung des Lichtes bis zu der Ankunft des Schalls verflossene Zeit. Man leitete aus diesen Versuchen folgende Resultate ab: 1) die Geschwindigkeit des Schalls ist gleichförmig, d. h. daß im Allgemeinen der durchlaufene Raum der Zeit proportional ist; 2) die Geschwindigkeit ist die nämliche, ob die Witterung trüb oder heiter, hell oder nebelig, ob der atmosphärische Druck groß oder klein ist, wenn nur die Luft ruhig ist; daß jedoch, wenn die Luft vom Winde bewegt wird, die Geschwindigkeit des Windes, welche nach der Richtung der Schalllinie zerlegt wird, die Geschwindigkeit des Schalles um ihren ganzen Werth vermehrt oder vermindert; 3) die Geschwindigkeit des Schalles ist bei der Temperatur von 6 Gr. 337m,18 auf die Sekunde.

Die im Jahre 1822 von dem Längenbureau zu Paris angestellten Versuche nehmen an, daß die Geschwindigkeit des Schalls 340m,88 auf die Sekunde, bei einer Temperatur von 16 Centesimalgraden sei. Diese Versuche wurden ebenfalls mit Kanonen angestellt, welche zu Montlhery und Villejuif aufgestellt

waren. Die Meinungen über die Anwendung der Kanone, um die Geschwindigkeit des Schalles zu messen, sind getheilt. Einige Physiker meinen, daß die Explosion die Schwingungen stören könne.

Wir haben früher gesagt, daß Newton den analytischen Ausdruck der Schallgeschwindigkeit gab, aber dieser Ausdruck gab nur $\frac{5}{6}$ von der durch den Versuch erhaltenen Geschwindigkeit. Laplace hat diese Differenz dadurch erklärt, daß der Schall sich in einem beliebigen Mittel nicht fortpflanzen könne, ohne die Moleküle dieses Mittels zusammenzupressen, und ohne demnach eine Wärmeentwicklung zu erzeugen. Diese entwickelte Wärme modifizirt das Gesetz der Elasticität und beschleunigt die Fortpflanzung des Schalls. Bei der Temperatur von 10 Grad ist die durch die Theorie bestimmte Schallgeschwindigkeit 337,21, während der Versuch 340,88 gibt. Laplace hat ebenfalls die Schallgeschwindigkeit in den liquiden und in den festen Körpern berechnet, wie man später sehen wird.

Die Intensität des Schalles muß im Verhältniß der Entfernung vom Erschütterungsmittelpunkte abnehmen; denn wenn die schallende Masse mit einer großen Schnelligkeit in dem Verhältnisse als sie sich von diesem Mittelpunkte entfernt, zunimmt, so muß die Amplitüde der Schwingungen der Luftmoleküle sich in der nämlichen Zeit vermindern. Was sehr große Distanzen anbelangt, so beweist man durch den Kalkul, daß die Geschwindigkeit der Luftmoleküle, welche auf demselben Schallradius liegen, im umgekehrten Verhältnisse mit den Entfernungen von dem Erschütterungsmittelpunkte stehen, woraus folgt, daß die Intensität des Schalles auf demselben Radius im Verhältniß zum Quadrat der Entfernung abnehme. In dem Falle, wo die Art der Erschütterung des schallenden Körpers nicht in allen Richtungen die nämliche ist, ist es klar, daß die Intensität des Schalles

icht dieselbe an allen Punkten bei gleicher Entfer-
ung von dem Körper sein kann.

Delaroche, welcher untersuchte, wie der Wind
ie Gesetze der Fortpflanzung des Schalles modi-
izire, erhielt folgende Resultate: 1) Der Wind hat
einen wahrnehmbaren Einfluß auf die Schalle, welche
auf große Entfernung gehört werden; 2) bei einer
großen Entfernung hört man den Schall weit weni-
ger in einer dem Winde entgegengesetzten Richtung,
als in der Richtung des Windes selbst; der Unter-
schied nimmt mit der Entfernung zu; 3) das Gesetz
der Abnahme der Intensität des Schalles geht in
der Richtung des Windes weniger rasch vor sich, als
in der dem Winde entgegengesetzten Richtung; 4) diese
Abnahme geht minder rasch in einer zur Richtung
des Windes senkrechten Lage vor sich als in seiner
Richtung.

Die Intensität des Schalls ist zu gleicher Zeit
mit der Dichtheit der Luft in dem Orte, wo er ent-
stand, verschieden. Der Kalkul zeigt außerdem, daß
bei constanter Temperatur die Intensität des Schalls
an einem Orte nur von der Entfernung, welche er
durchlaufen hat, und von der Dichtheit der Luft-
schichte, woher er gekommen ist, abhängt. Man be-
obachtete schon lange und Humboldt bestätigte diese
Thatsache, daß die Intensität des Schalls bei Nacht
vermehrt wird; daß die Zunahme in den Ebenen
größer ist als auf den hohen Plateau's, mehr auf
den Continenten als auf dem offenen Meere. Viele
Ursachen können bei der Erzeugung dieses Phäno-
mens mitwirken, unter anderem, daß bei Nacht
tausend verschiedene und verworrene Geräusche nicht
gehört werden, welche bei Tage die Luft in Erschüt-
terung setzen.

Von der Reflexion der Schallwellen.

Jedesmal, wenn die Schallwellen von einem Kör-

tel in ein anderes übergehen, so erleiden sie
theilweise oder totale Reflexion, je nachdem d
Mittel einen Theil der Luft durchgehen läßt oder
einen festen Widerstand entgegenstellt, auf diese
entstehen die Echo. Das Gesetz dieser Erschei
ist das nämliche, wie das, welches die Reflexio
Lichtes bestimmt.

Der Versuch zeigte, daß es nicht nöthig ist,
die reflektirende Oberfläche hart und polirt sei.
bilden auf dem Meere die Wolken mannigmal
so wie die Segel eines entfernten Schiffes.

Die Schallwellen werden ebenfalls in einer
bewölkten Atmosphäre reflektirt, wenn nicht alle T
auf gleiche Weise erwärmt sind. In diesem
bildet sich eine Menge aufsteigender warmer und
absteigender kalter Ströme, welche, da sie nicht gl
Dichtheit haben, sich in den Zuständen befinden, w
der Erzeugung der Echo's günstig sind. Es er
hen daraus eine Menge theilweiser Reflexionen, w
die Intensität des Schalles merklich vermindern.

Humboldt schreibt dieser Ursache die Differen
welche man in der Fortpflanzungsart des Sch
während des Tages und während der Nacht beob
tet. Indem der Schall an den Gebirgen und
den Gebäuden reflektirt, so erzeugt er die Echo's
erzeugen sich in dem Ohre eben so oft, als er
flektirt wird.

Jedesmal, wenn der Schall an eine Ebene,
Gebäude anschlägt, so wird er in derselben Rich
und mit derselben Intensität zurückgeworfen, al
die Erschütterung hinter der Ebene in einer En
nung stattgefunden hätte, die derjenigen der r
lichen ursprünglichen Erschütterung vor der E
gleich ist. Wenn die reflektirende Ebene irgend
Gestalt hat, so kann der Kalkul allein die Ge
und die Geschwindigkeit der reflektirten Welle be
men. Poisson hat diese Aufgabe in verschied

Fällen gelöst, aber wir können hier die Resultate, zu welchen er gelangt ist, nicht angeben.

Savart stellte interessante Beobachtungen über die Reflexion der Schallwellen an, aus welchen hervorgeht, daß, wenn diese Wellen nach einer Achse reflektirt werden, welche gegen ihren Ausgangspunkt gerichtet ist, sich längs dieser Achse, durch das Begegnen der direkten und reflektirten Wellen, ein Wellensystem bilde, welches keine fortschreitende Bewegung zu haben scheint. Das Ohr, welches die verschiedenen Punkte dieser Graden durchläuft, findet Knoten und Schwingungsmittelpunkte und Zwischenpunkte, wo die Intensität des Schalles in dem Verhältnisse zunimmt, als man einem Schwingungsmittelpunkte näher kommt. Dadurch, daß man die Lage der unbeweglichen Punkte auf der Achse bestimmt, findet man, daß die Länge dieser festen Wellen gleich der der direkten Wellen ist. Die erste Welle jedoch, die in der Nähe des reflektirten Theils gebildet wird, ist kleiner als alle anderen. Es gibt eben so viele Wellensysteme als der Körper harmonische Töne besitzt. Diese Interferenzen finden nur bei Wellen von gleicher Länge Statt. Man beobachtet ähnliche Wirkungen bei allen gleichzeitigen Tönen, die ein Geräusch machen. Savart hat aus diesen Thatsachen ein Mittel hergeleitet, einen Schall zu analysiren und die größere oder geringere Reinheit, die er besitzt, zu erkennen. Dieses analytische Mittel wendet er ebenfalls bei dem Geräusche an. Das ist noch nicht alles. Da die ebenen Oberflächen, welche die Eigenschaft besitzen, einen beliebigen Schall zu verstärken, und zwar nach der Entfernung des Körpers von der Oberfläche im Verhältniß des Grades der Schärfe des Tones; so folgt hieraus, daß, wenn man einen schwingenden Körper fortschreitend einer ebenen Fläche nähert, jeder von den Tönen, die zur Bildung des Geräusches beitragen, besonders gehört werden wird.

Wahrnehmung und Vergleichung der Töne.

Man hat vorhin gesehen, daß vier gezähnte Räder, welche die nämliche Achse und 200, 250, 300 und 400 Zähne haben, und welchen man eine rotirende Bewegung gibt, wenn sie zu gleicher Zeit angeschlagen werden, die Empfindung des vollkommenen Akkords, welchen man auf folgende Weise bezeichnet: c, e, g, c; den Grundton, die Terz, die Quint, und die Oktave geben. Wenn man jedoch anstatt dieser vier Räder acht nimmt, bei denen das Verhältniß der Zähne das der folgenden Zahlen ist:

$$1\,\frac{8}{9}\,\frac{5}{4}\,\frac{4}{3}\,\frac{3}{2}\,\frac{5}{3}\,\frac{15}{8}\,2$$

so hat man die acht Grundtöne der Tonleiter: c, d, e, f, g, a, h, c. Wenn man eine Saite nach den Zahlen $1\,\frac{8}{9}\,\frac{4}{5}\,\frac{3}{4}\,\frac{2}{3}\,\frac{3}{5}\,\frac{8}{15}\,\frac{1}{2}$ theilt, so erhält man die nämlichen Töne, weil die Schwingungszahlen der Saiten im umgekehrten Verhältnisse zu ihren Längen stehen. Dies ist die natürliche Tonleiter. Wenn man bei einer anderen Note als c anfangen will, so müssen die aufeinanderfolgenden Intervalle wie bei der vorhergehenden sein, zuerst von zwei Tönen, dann von einem halben Ton, von drei und endlich von einem halben Ton; man muß deßwegen zwischen die Töne der natürlichen Tonleiter Zwischentöne einschalten, welche nur um einen halben Ton von denselben verschieden sind. Man nennt Note mit einem Kreuze, die um einen halben Ton höhere Note, und mit einem b die um einen halben Ton niederere Note. Jedoch hat man viel darüber gestritten, um zu erfahren, wie man diese Zahlen angenommen hatte, um den Anforderungen des Ohrs genau zu entsprechen. Alles, was man weiß, besteht darin, daß diese Reihe von Tönen dem Organe angenehm ist, sogar wenn es keinen Sinn für die Musik hat. Die Note mit dem

Kreuze und mit dem b werden von den Musikern und Physikern nicht auf dieselbe Art berechnet; bei diesen hat eine Note mit dem b eine Schwingungszahl im Verhältnisse von $\frac{24}{25}$ des natürlichen Tons; sie hat ein Kreuz, wenn die Schwingungszahl $\frac{25}{24}$ desselben Tones ist. Während z. B. das c 24 Schwingungen macht, macht das c mit dem Kreuze 25 Schwingungen; und während das h 25 Schwingungen macht, macht das h mit dem b nur 24 Schwingungen. Die Musiker machen hingegen die Noten mit dem Kreuze und mit dem b größer, so daß die Schwingungszahl, welche eine Note mit dem b macht, kleiner als die der vorhergehenden Note mit dem Kreuze ist; so ist d mit dem b tiefer als c mit dem Kreuze.

Die Begriffe, welche sich auf die Bildung der Tonleiter und auf die Noten mit dem Kreuze und mit dem b beziehen, sind unerläßlich, um die Schwingungszahlen eines beliebigen Tones vermittelst einer Baßgeige oder Violine bestimmen zu können, welche die passendsten Instrumente sind, um diese Schätzungsarten sicher und rasch vorzunehmen.

Eine Bemerkung, welche wir mitzutheilen nicht vergessen dürfen, ist die, daß die Verhältnisse, welche die Schwingungszahlen der Töne einer Tonleiter und im Allgemeinen das Verhältniß der Schwingungszahlen, welche unserem Ohre keine Dissonanzen ausdrücken, einfache Verhältnisse sind. Dieses Gesetz ist ein allgemeines Gesetz der Natur; so ist z. B. das Verhältniß der Grundnote zur Oktave, ein Verhältniß, welches das Ohr leichter auffaßt, 1 : 2.

Newton fand bei seinen Versuchen über die farbigen Ringe, daß die Dicken eines und desselben Ringes, welche den verschiedenen Farben des Spektrums entsprechen, sich unter sich wie die Kubikwurzeln der Zahlen 1 $\frac{8}{9}$ $\frac{5}{6}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{9}{16}$ $\frac{1}{2}$ verhalten.

waren. Die Meinungen über die Anwendung der Kanone, um die Geschwindigkeit des Schalles zu messen, sind getheilt. Einige Physiker meinen, daß die Explosion die Schwingungen stören könne.

Wir haben früher gesagt, daß Newton den analytischen Ausdruck der Schallgeschwindigkeit gab, aber dieser Ausdruck gab nur $\frac{5}{6}$ von der durch den Versuch erhaltenen Geschwindigkeit. Laplace hat diese Differenz dadurch erklärt, daß der Schall sich in einem beliebigen Mittel nicht fortpflanzen könne, ohne die Moleküle dieses Mittels zusammenzupressen, und ohne demnach eine Wärmeentwicklung zu erzeugen. Diese entwickelte Wärme modifizirt das Gesetz der Elasticität und beschleunigt die Fortpflanzung des Schalls. Bei der Temperatur von 10 Grad ist die durch die Theorie bestimmte Schallgeschwindigkeit 337,21, während der Versuch 340,88 gibt. Laplace hat ebenfalls die Schallgeschwindigkeit in den liquiden und in den festen Körpern berechnet, wie man später sehen wird.

Die Intensität des Schalles muß im Verhältniß der Entfernung vom Erschütterungsmittelpunkte abnehmen; denn wenn die schallende Masse mit einer großen Schnelligkeit in dem Verhältnisse als sie sich von diesem Mittelpunkte entfernt, zunimmt, so muß die Amplitüde der Schwingungen der Luftmoleküle sich in der nämlichen Zeit vermindern. Was sehr große Distanzen anbelangt, so beweist man durch den Kalkul, daß die Geschwindigkeit der Luftmoleküle, welche auf demselben Schallradius liegen, im umgekehrten Verhältnisse mit den Entfernungen von dem Erschütterungsmittelpunkte stehen, woraus folgt, daß *die Intensität* des Schalles auf demselben Radius im *Verhältniß* zum Quadrat der Entfernung abnehme. *In dem Falle, wo die Art der Erschütterung des schallenden Körpers nicht in allen Richtungen die nämliche ist, ist es klar, daß die Intensität des Schalles*

n Mundstücke der Röhre erzeugen; dasjenige, dessen
n sich am gewöhnlichsten bedient, ist das Mund-
k der Orgelpfeifen, welches aus einem Luftstrahle
eht, welcher gegen eine Lefze gestoßen wird. Die
schwindigkeit des Luftstrahles kann in diesem Falle
Töne der Tonleiter erzeugen, und da die Luftsäule
Röhre nur eine gewisse Reihe von Tönen hervor-
ngen kann, so muß die Geschwindigkeit des Luft-
ahles dem Tone proportional sein, welchen man
eugen will. Will man z. B. den Grundton einer
hre erhalten, d. h. den tiefsten Ton, den sie geben
n, so muß man eine gewisse Geschwindigkeit an-
nden, welche, wenn sie geringer ist, keinen wahr-
hmbaren Ton hervorbringt, während sie, wenn sie
ßer ist, die Oktave gibt.

Wenn man eine Röhre einen Schall erzeugen
t und hierauf, nachdem man das Mundstück
ggenommen hat, mit der nämlichen Geschwindig-
t in dasselbe bläst, so bringt das Mundstück allein
nämlichen Ton, aber weit schwächer hervor, so
ß die Röhre wirklich nur eine Ursache der Verstär-
ng desselben ist.

Wenn man ein ähnliches Mundstück macht, das
s einer Schneide und einer Windröhre besteht,
lche aus einer kupfernen Röhre, die an einem ihrer
de platt gemacht ist, besteht, so kann man alle
fäße von beliebiger Gestalt, Kugeln, Würfel,
ene, geschlossene, cylindrische, kreisförmige Röhren
m Tönen bringen. Die Richtung des Mundstücks
gleichgültig, sie mag nach der Länge oder der
reite der Röhre gehen. Die Luft, welche durch
end ein anderes Mittel erschüttert wird, kann eben-
ls eine Röhre ertönen lassen, wenn nur ihre
chwingungen mit denen übereinstimmen, die die
öhre hervorbringen kann. Wenn man in eine Röhre
neinbläst, so vernimmt man den Ton, welcher
r-*eigenthümlich* ist; in diesem Falle ist die Erschüt-

terungsart derjenigen des Mundstücks ähnlich, weil sich die Luft am Rande der Röhre bricht. Eine Platte, ein Stab, die schwingen, können, wenn sie auf das Ende einer Röhre gelegt werden, sie zum Tönen bringen. Die Gestalt der Mundstücke bei allen Blasinstrumenten ist sehr mannigfaltig, aber sie haben alle den Zweck, eine periodische Anwandlung der Luft zu geben. Bei den einen schwingen wirklich die Lippen, bei den andern elastische Zungen von Metall, von Schilf u. s. w. Die Substanz und die Gestalt haben allein Einfluß auf den Klang des Tones.

Man kann den Schall in Röhren durch Mittel hervorbringen, deren Wirkungsweise noch nicht hinreichend bewiesen ist, welche jedoch durch das periodische Herausfahren eines Gases, oder durch das aufeinanderfolgende Hinein- oder Herausströmen, oder durch irgend eine Bewegung der Luft an der Oeffnung, erklärt werden müssen.

Kleine Röhren von sechs oder acht Centimetern Länge, mit einer kleinen Kugel, in welche man eine sehr geringe Menge Wasser gethan hat, lassen einen sehr schönen Ton hören, wenn man die Kugel bis zur Siedhitze des Wassers erwärmt.

Die Flamme eines Stromes Wasserstoffgas bringt eine Röhre zum Tönen, wenn man ihn bis zu der geeigneten Höhe gelangen läßt, daß die Länge des Theils, welcher tönt, der Verbrennungsgeschwindigkeit des Wasserstoffgases proportional ist.

Aus allen diesen Versuchen schließen wir, daß ein periodisches Ausfließen der Luft nöthig ist, um Töne zu erzeugen. Indem man untersuchte, was bei dem Ausflusse von liquiden Körpern vorgehe, erkannte man die Ursache dieses periodischen Strömens. Wir wollen nun zu den Gesetzen der Luftschwingungen in den Röhren übergehen.

D.-Bernouilli hat bewiesen, was es für eine Bewandtniß mit den Luftschwingungen habe, wenn die

l cylindrisch, von einer großen Länge in Bezie-
auf ihren Durchmesser sind, und wenn sie mit
Mündung erschüttert werden, d. h. wenn die
ngungen von denen einer Metallplatte, welche
t auf der Achse steht, mitgetheilt werden.
n Falle, wo die Röhren an einem Ende ge-
n sind, kann eine und dieselbe Röhre die Töne
ringen, welche Schwingungszahlen entsprechen,
die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 angeben;
ne derselben Ordnung, welche von verschiedenen
l gebildet werden, entsprechen den Schwin-
ahlen im verkehrten Verhältnisse zu der Länge
hren; die Töne, die man von einer und der-
Röhre erhält, entspringen aus der Theilung
ftsäule in gleiche Theile, welche getrennt und
nklange mit einander schwingen. Die freie
ng ist immer das Mittel eines schwingenden
s. Die Länge eines schwingenden Theils ist
der Länge der Welle, welche dem erzeugten
ntspricht. Wenn die Röhren an beiden Enden
sind, so werden die von einer und derselben
erhaltenen Töne durch die Reihe der natür-
Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 dargestellt; die vor-
enden Gesetze bleiben dieselben und die beiden
der Röhre sind die schwingenden Schnitte.
hat Knotenflächen die Trennungsflächen
zender Schnitten genannt, welche aus Theilchen
n, die in Ruhe sind; die Schwingungsmittel-
sind die Mitten der schwingenden Schnitten.
die Erschütterung, anstatt an der vollen Mün-
mit einem Röhrchen oder mit einem Flöten-
tücke bewerkstelligt wird, so sind die Töne tiefer,
ie durch die von den Gesetzen angegebenen,
übrigens durch den Versuch bestätigt wurden.
ir haben früher angegeben, wie man die Ge-
digkeit des Schalls in den verschiedenen Gasen
ne; man kann es aber auch noch durch die

Resonnanz der Röhren thun. Als Dulong, der sich mit dieser Frage beschäftigte, gefunden hatte, daß in einer und derselben Röhre, wo man verschiedene Gase tönen ließ, unter den nämlichen Umständen die Knotenlinien immer dieselben Punkte einnahmen, so folgerte er daraus, daß die Schwingungszahlen der Töne, welche dieselbe Röhre bei verschiedenen Gasen hervorbrachte, den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Schalls in den verschiedenen Flüssigkeiten proportional seien; als man die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft kannte, konnte man leicht die des Schalles in den anderen Gasen berechnen.

Schwingungen der flüssigen Adern.

Der Ausfluß liquider Körper durch kreisförmige Oeffnungen in dünnen Wänden veranlaßt Schwingungssäulen. Savart machte sich ein ganz besonderes Studium aus allen Erscheinungen, welche darauf Bezug haben und die Resultate, welche er erhalten hat, sind von der Art, verschiedene Punkte der Hydrodynamik aufzuklären.

Eine liquide Ader besteht, wie man weiß, aus einem hellen, festen und stetigen Theil, und hernach aus einem trüben Theile, welcher Anschwellungen zeigt, die durch Knoten oder durch gleiche Zusammenschnürungen getrennt sind. Dieser trübe Theil ist unstetig, was man dadurch beweist, daß man einen Quecksilberstrahl macht und hinter denselben einen Körper stellt, welcher alsdann sichtbar ist, was nicht stattfindet, wenn man diesen Körper durch den klaren Theil betrachtet.

Wenn man Wassertropfen, welche durch kleine Intervalle getrennt sind, fallen läßt, so erhält man den Eindruck eines stetigen Strahles, welcher Verengungen und Erweiterungen zeigt, was beweist, daß der Wassertropfen durch das Fallen sich we

seitig abplattet und verlängert. Man macht diese Unstetigkeit des Strahls, und das Abwechseln in der Gestalt der Tropfen dadurch wahrnehmbar, daß man hinter dem trüben Theile einer Ader, eine schwarze Ebene, welche horizontale weiße Streifen trägt, bewegt. Wenn diese Ebene steigt, während der Strahl herabfällt, und wenn die Geschwindigkeit dieselbe ist, so werden die Tropfen fest erscheinen, und man kann alsdann ihre Gestalt unterscheiden.

Weil ein Strahl unstetig ist, weil er periodischen Abwechslungen unterworfen ist, so kann man ihn demnach mit einer schwingenden Saite vergleichen; nähert man sich dem Strahle wirklich mit dem Ohr, so vernimmt man eine Ton, der aber sehr schwach ist. Wenn man diesen Strahl mit einer Membrane auffängt, so erzeugt der aufeinanderfolgende Fall der Tropfen einen starken Ton, welches der Ton der Ader ist, weil er, wenn man ihn auch an sehr verschiedenen Körpern auffängt, immer derselbe bleibt. Wenn man denselben Ton durch ein Instrument sogar in einer großen Entfernung hervorbringt, so sieht man hierauf die Schwingungsmittelpunkte der Ader auf Kosten des stetigen Theils zurücklaufen und bemerkt alsdann eine große Empfindlichkeit in dem Strahle. Nur bei dem eigenen Tone der Ader findet dieses Erheben der Schwingungsmittelpunkte Statt; bei anderen, wenn auch stärkeren Tönen, kann es sich, jedoch weit schwächer, zeigen.

Das Periodische läßt sich ebenfalls auf dem klaren Theile der Ader wahrnehmen, denn wenn man einen Theil erhellt, so bemerkt man sehr regelmäßige und rasche Wirkungen, welche zeigen, was an der Mündung vorgeht. Es verhält sich ebenso, wenn der Strahl horizontal, schief oder aufsteigend ist; man bemerkt in Beziehung auf den horizontalen oder geneigten Strahl, daß, wenn man auf einem Instrument den Ton der Ader erzeugt, sie sich in

zwei oder drei Colonnen, welche in der vertikalen Ebene übereinander liegen, theilt. Die Ader, welche in ihrem natürlichen Zustande geneigt ist, nimmt mehr Raum in der Vertikal- als in der Horizontalebene ein, was zu erkennen gibt, daß die Trajectorie aller Tropfen, welche die Ader bilden, nicht dieselbe ist. Wenn der Strahl beinahe senkrecht von unten nach oben geht, so bemerkt man gleichfalls einen stetigen Theil in der Ader, sodann einen Schwingungsmittelpunkt, welcher wieder herabgeht, wenn man den Schall erzeugt, der für die Zahl seiner Stöße paßt.

Eine Ader, welche in eine Röhre fällt, wo man einen leeren Raum erzeugt hat, zeigt dieselben Eigenthümlichkeiten, wie diejenige, welche in die Luft fällt. Wenn man die Ader dadurch zwingt, sich zu öffnen, daß man ihr senkrecht eine ebene Scheibe vorhält, so bildet sich eine Einhüllungsfläche, die an dem Mittelpunkt gleichförmig, an ihrem Umfange gestreift ist, und welche durch periodische Bewegungen, welche denjenigen des trüben Theils der Ader entsprechen, bewegt wird. Indem man auf einer Membran oder auf einem dünnen Körper diesen äußeren Theil der Einhüllungsfläche auffängt, so hört man einen Ton, und wenn dieser Ton durch ein Instrument verstärkt wird, so zieht sich die Einhüllungsfläche stark zusammen und wird weit kleiner. Aehnliche Versuche wurden mit Einhüllungsflächen von allen Gestalten angestellt, indem man die Mündung, die Scheibe oder den Druck veränderte.

Schwingungen der starren Körper.

Die Untersuchungen, welche in der letzten Zeit über die Schwingungen der festen Körper angestellt worden sind, haben nothwendig ein großes Interesse für die angewandte Physik wegen der Ansichten, welche sie über die Anordnung der Moleküle in den Kö-

pern geben können. Savart ist es wirklich gelungen, die verschiedenen Achsen der Elasticität in einem und demselben Körper so wie mehrere von ihren physischen Eigenschaften kennen zu lernen. Wir werden nachher auf die Resultate, welche er erhalten hat, zurückkommen.

Die festen Körper, an welchen man die Schwingungen untersucht hat, sind Saiten, Membrane, gerade und krumme Stäbe, Ringe, volle und hohle Rotationskörper, Platten ꝛc.

Man unterscheidet bei den Körpern zwei Arten von Schwingungen: 1) die senkrechten Schwingungen, deren Charakter darin besteht, den auf der Oberfläche des Körpers ausgestreuten Sand senkrecht mit dem erschütterten Theile zu werfen und auf den entgegengesetzten Flächen Knotenlinien zu bilden, welche sich entsprechen. 2) Die Längenschwingungen oder Tangentenschwingungen d. h. solche, bei welchen der Sand parallel mit der erschütterten Oberfläche, ohne sie zu verlassen, fortgleitet. Die Knotenlinie, welche auf beiden gegenüberliegenden Flächen betrachtet wurden, sind abwechselnd geordnet. Die Entdeckung dieser letzten Eigenschaft verdankt man Savart, welcher die Akustik mit einer Menge wichtiger Entdeckungen bereicherte. Um Schwingungen zu erzeugen, wendet man den Bogen und das Roßhaar an, um die Platten im Mittelpunkte zu erschüttern; für die Longitudinalschwingungen, die Stöße durch Tuch, welches man mit Harz bestrichen hat, um Reibungen damit hervorzubringen. Die Mittel, welche angewandt wurden, um die Schwingungen wahrzunehmen, sind für die Saiten, die Stege, die Ringe von Papier oder von Metalldraht; für die Platten und die Stäbe der Sand.

Man erzeugt ferner Schwingungen dadurch, daß man einen, an einen andern festgemachten Körper, *erschüttert, welcher* auf diese Weise in Bewegung gesetzt

wird; da aber die Schwingungen immer parallel mit der Richtung der Erschütterung sind, so folgt daraus, daß man durch die Längenerschütterung eines Stabes, der an eine Lamelle oder an eine Platte gelöthet ist, daselbst normale Schwingungen hervorbringt, wenn der Stab, der longitudinal schwingt, perpendikulär zu ihrer Ebene ist, während sie Längenschwingungen erzeugt, wenn der Stab in der Verlängerung der Ebene angelöthet ist. Chladni hat noch eine besondere Klasse von Schwingungen bekannt gemacht, welche er Torsionsschwingungen nannte, welche eine oder mehrere parallele Linien auf der größeren Dimension der Stäbe oder der Cylinder liefern; Savart hat jedoch bewiesen, daß diese Art keine andere ist, als die der Tangentenschwingungen, weil sie alle Charaktere dieser letzteren haben, weßwegen er sie transversale Tangentenschwingungen nannte.

Man ist auch zur Erkenntniß der Schwingungsbewegung in den flüssigen Körpern gelangt. Tausend Versuche beweisen, daß das Wasser und die Flüssigkeiten wie die Gase schwingen. Die Sirene kann als Beweis für diese Eigenschaft der tropfbarflüssigen Körper dienen, sowie die flüssigen Adern, welche beim Ausflusse der Flüssigkeiten durch die Oeffnungen mit dünnen Wänden entweichen. Wir wollen kurz das durchgehen, was wir über die Transversalschwingungen der Saiten wissen.

Transversalschwingungen der Stäbe.

Die Gesetze dieser Schwingungen sind auf die Annahme gegründet worden, daß die Saiten vollkommen biegsam sind, und daß ihre Straffheit Null sei; aber in der Natur gibt es keine derartige Saite. Diese Gesetze sind, wie der Versuch zeigt, um so ungenauer, je dicker die Saiten sind, wie auch ihre Natur beschaffen sei. Wir geben hier die Gesetze:

1) die Schwingungszahlen einer Saite stehen im umgekehrten Verhältniß zu ihrer Länge; 2) sie sind den Quadratwurzeln der Gewichte, welche sie spannen, proportional; 3) wenn die Saiten von demselben Stoffe sind, so stehen die Schwingungszahlen im verkehrten Verhältnisse zu ihrem Durchmesser; 4) wenn die Saiten von verschiedenen Stoffen sind, so verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtheit; 5) die Schwingungen sind den Dicken proportional; 6) die Breite hat keinen Einfluß auf den Schall.

Wenn man eine Saite ertönen läßt, so vernimmt man außer dem Grundtone Töne, von denen, wenn der erste 1 ist, die andern sich nach der Reihe der natürlichen Zahlen 2, 3, 4, 5 richten, d. h. der zweite ist die Oktave des ersten, der dritte ist die Doppeltquint desselben, der vierte die doppelte Oktave u. s. w.

Man fand durch den Versuch, daß diese Erscheinung davon herrühre, daß die Saite nicht nur in ihrer ganzen Länge schwinge, sondern sich auch noch in zwei, drei, vier Theile theilt, wovon jeder für sich schwingt.

Ein transversal schwingender Stab kann sich in sechs verschiedenen Verhältnissen befinden: 1) der Stab kann an beiden Enden frei sein, in diesem Falle verhält sich die Reihe der Töne wie die Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9 u. s. w., wenn die Knotenzahlen 2, 3, 4, 5 sind; 2) der Stab ist an beiden Enden befestigt: die Töne verhalten sich alsdann wie die Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9 u. s. w.; 3) der Stab liegt an den Enden auf: die Töne verhalten sich wie die Quadrate der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w.; 4) der Stab ist an einem Ende frei und an dem anderen unterstützt: die Töne verhalten sich wie die Quadrate der Zahlen 5, 9, 13, 17 u. s. w.; 5) der Stab ist an dem einen Ende befestigt und

an dem anderen frei: die Töne verhalten sich
die Quadrate der Zahlen 2, 5 bei 0 Knoten u
Knoten; für die folgenden Knoten 2, 3 u.
verhalten sich die Schwingungszahlen wie die
drate der Zahlen 3, 5, 7, 9 u. s. w.; 6) der
ist an einem Ende unterstützt und an dem
befestigt: die Töne verhalten sich wie die Qu
der Zahlen 5, 9, 13, 17 u. s. w.

Wenn die Stäbe gekrümmt sind, so ze
Versuch, daß der Ton niedriger ist, und die
mehr, je mehr die Krümmung zunimmt und
sich die den Endpunkten nahe liegenden Kn
Krümmungspunkte nähern. Wir dürfen nicht
daran zu erinnern, daß Weber bemerkte, d
man eine Stimmgabel im Augenblicke, wo s
sich schnell drehen läßt, der Ton sich zu er
hört, und wieder hörbar wird, sobald m
wegung aufhebt. Dieses Phänomen sch
Centrifugalkraft abzuhängen, welche dah
Aeste der Gabel von einander zu entfer
wir zu den Schwingungen der Ringe
migen rechtwinkligen Schnitten u. s. w.
Knotenzahlen sind immer gerade; die
für den 4, 8, 10 Knoten verhalten sich
drate der Zahlen 3, 5, 7, 9.

Savart zeigte, daß die Knotenlin
den Flächen der Körper, die Longitudi
machen, gebildet wurden, von ab
flexionen herrühren, die periodisch
contraktion sich erzeugen und sich bei
verwischen; daß die Charaktere
besonders von der Gestalt der S
Verhältnisse ihrer Dimensionen ab
die Vergleichung der Verlängerun
von den Längenschwingungen un
erzeugt werden, zeige, daß ein
Erschütterung zu einer Kräfteen

geben kann, welche in Betracht der Kraft, die sie hervorbringt, ungeheuer groß scheint, und welche um so ungewöhnlicher ist, als sie mit der Durchschnittsfläche proportional zu sein scheint. Bei den Stäben stehen die Schwingungen ebenfalls im verkehrten Verhältnisse zu den Längen; sie sind den Dicken proportional; die Breite übt keinen Einfluß auf den Ton aus.

Wenn die Stäbe von gleicher Natur und Länge sind, so haben sie immer denselben Ton, welches auch ihre Breite und ihre Dicke sein möge; zu diesem Ende muß man aber annehmen, daß beide Dimensionen immer viel geringer als die erste sind. Bei den Röhren und Cylindern fand Savart, daß die Knotenlinien Curven bilden, die den Schraubenlinien sehr ähnlich sind. Die innere Oberfläche der Röhren oder Cylinder zeigt ebenfalls Knotenlinien, welche den vorhergehenden ähnlich sind; sie liegen ihnen aber diametral gegenüber.

Man verdankt Poisson eine analytische Arbeit über das Gleichgewicht und die Bewegung elastischer Körper, von welchem wir die Hauptresultate angeben wollen:

1) Das Quadrat der Zahl der Längenschwingungen einer Saite verhält sich zum Quadrat der Zahl ihrer Transversalschwingungen in derselben Zeit, wie ihre Länge sich zur Verlängerung verhält, welche sie durch die Spannung erlitten hat, welche sie trägt.

2) Wenn ein Stab an einem seiner Enden befestigt ist, und er nach und nach Längen- und Torsionsschwingungen macht, so ist das Verhältniß des Quadrats der Zahlen der Längenschwingungen und des Quadrats der Zahlen der Torsionsschwingungen wie 5 : 2, es ist folglich von der Länge und der Dicke unabhängig. Wenn ein cylindrischer Stab an seinen beiden Enden frei ist, so verhält sich die Zahl der Longitudinal-Schwingungen, welche

in einer gewissen Zeit hervorgebracht werden, zu der Zahl der Transversal-Schwingungen, die in derselben Zeit erzeugt werden, wie sich das Hundertfache ihrer Länge zu dem Dreihundertsechsundfünfzigfachen ihres Radius verhält. In einer Stange endlich von gegebener Länge und gegebener Dicke verhalten sich die Zahlen der Längenschwingungen zu der Zahl der transversalen Schwingungen wie das Hundertfache der Länge sich zu dem Zweihundertsechsfachen der Dicke verhält. Savart hat die Richtigkeit dieser beiden Gesetze durch den Versuch dargethan.

Schwingungen der Platten, Membrane und Glocken.

Die Platte ist entweder in ihrem Mittelpunkte oder in einem mehr oder minder von dem Rande entfernten Punkte befestigt und man erschüttert sie mit einem Bogen, der senkrecht zur Ebene ist; man nimmt sodann den Ton mit einem beliebigen Instrumente. Um die schwingenden Theile und die ruhigen Linien, welche Knotenlinien heißen, zu beobachten, streut man trockenen Sand auf die Oberfläche.

Galilei gab zuerst dieses Beobachtungsmittel an; aber Chladni eignete es sich im Jahre 1787 auf eine solche Weise an, daß man ihn als den Erfinder eines Versuchsmittels ansehen kann, welches ein weites Feld in den Forschungen der Akustik eröffnete; und mit dessen Hülfe er sehr schöne Entdeckungen machte.

Die kreisrunden Platten können ein diametrales, concentrisches und zusammengesetztes System bilden. In den quadratförmigen Platten unterscheidet man gleichfalls drei Systeme, die den vorhergehenden *analog* sind; eben so verhält es sich bei den dreieckigen, rectangulären, polygonalen und elliptischen Platten. Diese Figuren werden mit derselben Regel-

mäßigkeit hervorgebracht, mag auch die Natur der Platten sein, welche sie wolle, wenn nur die Elasticität in jeder Richtung die nämliche ist.

Die Membrane zeigen völlig ähnliche Schwingungsarten, wie Savart sie beobachtet hat, und er hat ferner im Laufe seiner Versuche bemerkt, daß die Membrane mit großer Leichtigkeit von einer Schwingungsart in die andere übergehe. Auf diese Weise wurde er dahin gebracht, anzunehmen und sodann durch den Versuch zu erkennen, daß es in den Schwingungen der Platten verschiedene Arten von übereinanderliegenden Bewegungen wie bei den Membranen und Saiten gebe, und er fand auch, daß die Knotenlinien fähig waren, sich zu verrücken, und daß sie in gewissen Fällen schwingen und sogar eine mehr oder minder rasche rotirende Bewegung annehmen können.

Indem Savart von dieser Folgerung ausging, gelangte er zu einer seiner wichtigsten Arbeiten in der Akustik: wir meinen zur Bestimmung der Achsen der größeren oder geringeren Elasticität in den krystallisirten und nichtkrystallisirten Körpern.

Von den Elasticitätsachsen.

Bis jetzt nahm man an, daß die Platten, Scheiben oder andere schwingende Körper vollkommen homogen seien, und daß die Knotenfiguren, welche z. B. die kreisförmigen Platten zeigen, von den festen oder erschütterten Punkten abhängen; aber es verhält sich nicht so; die Theilung in Kreuze z. B. erhält man nur in zwei bestimmten Lagen, welche 45° von einander entfernt sind, und überdies ist bei jedem dieser Körper der Ton verschieden. Dies ist besonders bei den krystallisirten Körpern und den reinen Metallen der Fall, welche eine größere Differenz des Tones hören lassen, die manchmal größer ist,

an dem anderen frei: die Töne verhalten sich wie die Quadrate der Zahlen 2, 5 bei 0 Knoten und 1 Knoten; für die folgenden Knoten 2, 3 u. s. w. verhalten sich die Schwingungszahlen wie die Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9 u. s. w.; 6) der Stab ist an einem Ende unterstützt und an dem andern befestigt: die Töne verhalten sich wie die Quadrate der Zahlen 5, 9, 13, 17 u. s. w.

Wenn die Stäbe gekrümmt sind, so zeigt der Versuch, daß der Ton niedriger ist, und dies um so mehr, je mehr die Krümmung zunimmt und je mehr sich die den Endpunkten nahe liegenden Knoten dem Krümmungspunkte nähern. Wir dürfen nicht vergessen, daran zu erinnern, daß Weber bemerkte, daß, wenn man eine Stimmgabel im Augenblicke, wo sie schwingt, sich schnell drehen läßt, der Ton sich zu erzeugen aufhört, und wieder hörbar wird, sobald man die Bewegung aufhebt. Dieses Phänomen scheint von der Centrifugalkraft abzuhängen, welche dahin strebt, die Aeste der Gabel von einander zu entfernen. Gehen wir zu den Schwingungen der Ringe mit kreisförmigen rechtwinkligen Schnitten u. s. w. über. Die Knotenzahlen sind immer gerade; die Schwingungen für den 4, 8, 10 Knoten verhalten sich wie die Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9.

Savart zeigte, daß die Knotenlinien, welche auf den Flächen der Körper, die Longitudinalschwingungen machen, gebildet wurden, von abwechselnden Inflexionen herrühren, die periodisch bei jeder Längencontraktion sich erzeugen und sich bei jeder Ausdehnung verwischen; daß die Charaktere der Knotensysteme besonders von der Gestalt der Stäbe und von dem *Verhältnisse* ihrer Dimensionen abhänge, daß endlich *die Vergleichung* der Verlängerung der Stäbe, welche *von den Längenschwingungen* und von den Gewichten *erzeugt werden*, zeige, daß eine leichte molekulare *Erschütterung zu einer* Kräfteentwicklung Veranlassu

kreisförmigen Knotenlinien getrennt sind. Man bemerkt ferner, daß diese beiden Theilungsarten sich manchmal mit einander verbinden, so daß die akustischen Linien kreisförmige Linien sind, welche in gleiche Theile, durch die diametrale Knotenlinien getheilt wurden.

Wenn die Lamelle homogen, kreisartig und von gleicher Dicke ist, wenn die Figur nur aus diametralen Linien besteht; das System, welches sie bildet, in allen Arten von Richtungen stellt, so daß ein beliebiger Punkt des Umrisses der Lamelle zum Streichpunkte genommen wird, so bestimmt diese Richtung die Richtung der Klangfigur. Was die kreisförmigen Linien anbetrifft, so sind sie in demselben Falle mit dem Umkreise der Lamelle concentrisch. Dies ist der Fall, wenn alle Theile homogen sind, aber er findet nicht mehr Statt, wenn keine Symmetrie mehr da ist; auch reicht in diesem Falle die Lage des Streichpunktes nicht mehr hin, um die Lage der diametralen Knotenlinie zu bestimmen, und wenn diese Linien Kreise sind, so verwandeln sie sich in Ellipsen oder complizirtere Figuren. Wenn man z. B. eine Holzlamelle, welche parallel mit den Fasern geschnitten ist, nimmt, und man, nachdem man sie in ihrem Mittelpunkte leicht befestigt hat, sucht sie die Eintheilungsart hervorbringen zu lassen, welche aus zwei rechtwinklig gekreuzten Linien besteht, so findet man, daß eine dieser Linien in der Richtung der größern und die andere der kleineren Beugung liegt, und daß, wenn dieselbe Lamelle am Ende dieser Linien erschüttert wird, man eine zweite Theilungsart erhält, die eine Hyperbel gibt, deren Aeste sehr zusammengedrängt sind, und die zur zweiten Achse diejenige von den gekreuzten Linien hat, welche dem Mittelpunkte des größten Beugungswiderstandes entspricht. Dieses Beispiel zeigt allein, daß, wenn man aus verschiedenen Substanzen kreisförmige Lamellen von gleicher Dicke

in einer gewissen Zeit hervorgebracht werden, zu der Zahl der Transversal-Schwingungen, die in derselben Zeit erzeugt werden, wie sich das Hundertfache ihrer Länge zu dem Dreihundertsechsundfünfzigfachen ihres Radius verhält. In einer Stange endlich von gegebener Länge und gegebener Dicke verhalten sich die Zahlen der Längenschwingungen zu der Zahl der transversalen Schwingungen wie das Hundertfache der Länge sich zu dem Zweihundertsechsfachen der Dicke verhält. Savart hat die Richtigkeit dieser beiden Gesetze durch den Versuch dargethan.

Schwingungen der Platten, Membrane und Glocken.

Die Platte ist entweder in ihrem Mittelpunkte oder in einem mehr oder minder von dem Rande entfernten Punkte befestigt und man erschüttert sie mit einem Bogen, der senkrecht zur Ebene ist; man nimmt sodann den Ton mit einem beliebigen Instrumente. Um die schwingenden Theile und die ruhigen Linien, welche Knotenlinien heißen, zu beobachten, streut man trockenen Sand auf die Oberfläche.

Galilei gab zuerst dieses Beobachtungsmittel an; aber Chladni eignete es sich im Jahre 1787 auf eine solche Weise an, daß man ihn als den Erfinder eines Versuchsmittels ansehen kann, welches ein weites Feld in den Forschungen der Akustik eröffnete; und mit dessen Hülfe er sehr schöne Entdeckungen machte.

Die kreisrunden Platten können ein diametrales, concentrisches und zusammengesetztes System bilden. In den quadratförmigen Platten unterscheidet man gleichfalls drei Systeme, die den vorhergehenden analog sind; eben so verhält es sich bei den dreieckigen, rectangulären, polygonalen und elliptischen Platten. Diese Figuren werden mit derselben Reg

an, welche innig mit der Anordnung der akustischen Linien verknüpft ist.

Die zahlreichen Versuche, welche Savart über den Bergkrystall anstellte, zeigen, daß diese Substanz nicht zu der Zahl der Stoffe mit drei rechtwinkligen und ungleichen Elasticitätsachsen und zur Zahl derjenigen, deren Theile symmetrisch um eine einzige gerade Linie angeordnet sind, gezählt werden dürfe, sondern daß sie drei Systeme von Achsen oder Hauptelasticitätslinien enthalte, deren Richtung er bestimmt hat. Er hat hierauf gezeigt, daß die große Diagonale des primitiven Rhomboeders als die zwischenliegende Elasticitätsachse betrachtet werden müsse, daß eine andere Achse die kleine Diagonale der Rautenfläche des primitiven Rhomboeders ist, indem diese Linie für die Achse der größeren Elasticität eines jeden Systemes betrachtet werde. Was die dritte Achse anbetrifft, so ist sie senkrecht auf der dazwischen liegenden Achse und bildet mit der der größeren Elasticität einen Winkel von 57° 40′ 13″, welches die Neigung der Rhomboederfläche gegen die Diagonalebene ist. Man sieht demnach, daß die Achse der größeren Elasticität und die zwischenliegende Achse sich in der Ebene befinden, die die Rhomboederfläche bildet, daß sie unter sich perpendikulär sind, und daß die zwischenliegende Achse und die Achse der geringeren Elasticität, die ebenfalls perpendikulär unter sich sind, in der Diagonalebene liegen. Der durchsichtige kohlensaure Kalk und der eisenhaltige kohlensaure Kalk scheinen elastische Eigenschaften zu besitzen, die denen des Bergkrystalls analog sind, d. h. sie enthalten drei Systeme von Hauptlinienelasticität, die unter sich ähnlich sind.

Savart behauptete, daß es vorkommen könne, daß der Bergkrystall wie der kohlensaure Kalk überzählige Spaltungsflächen besitzen, welche parallel mit den Diagonalebenen ihres primitiven Rhomboeders gehen.

als bei dem Holze, wo die Linien Hyperbeln werden, die an den Spitzen einander entgegengesetzt sind, wenn die Erschütterung parallel mit den Holzfasern hervorgebracht wird.

Die Legirungen liefern eine geringere Differenz der Töne. Man hat bis jetzt nur zwei Körper gefunden, das Siegellack und das Holz, das in die Quere von einem Aste geschnitten wurde, bei welchen sich die Figuren nach allen Richtungen stellen, und in welchen folglich die Elasticitätsachsen identisch sind. Diese Beobachtungen über die Elasticitätsachsen veranlaßten Savart zu interessanten Forschungen über die Elasticität der Körper, welche regelmäßig krystallisiren, um neue Ansichten über die innige Struktur der Körper zu erhalten. Bis jetzt hatte man nur zwei Mittel, um diese Struktur zu untersuchen, die Spaltung bei regelmäßig krystallisirten Substanzen und die Modifikationen, welche die Fortpflanzung des polarisirten Lichtes in den durchsichtigen Stoffen erleidet. Die Spaltung zeigt bloß, daß die krystallisirten Körper Verbindungen von parallelen Lamellen mit gewissen Krystallflächen sind, ohne uns etwas über die Kraft, vermöge welcher diese Lamellen untereinander adhäriren, so wie über ihre Elasticität zu sagen. Das zweite ist viel wirksamer als das erste, weil das Licht als eine unendlich zarte Sonde betrachtet werden kann, welche in die Körper eindringt und besondere Modifikationen annimmt, welche von der Agregationsweise der Moleküle abhängen.

Wenn man normale Schwingungen in den kreisförmigen Lamellen erzeugt, so bemerkt man mehrere Theilungsarten: bald theilen sich diese Lamellen in eine gewisse, jedoch immer gerade Anzahl von gleichen Sektoren, welche ihre Schwingungen in derselben Zeit ausführen, und welche von diametralen Knotenlinien getrennt sind; bald theilen sie sich in eine gewisse Anzahl concentrischer Zonen, welche v

kreisförmigen Knotenlinien getrennt sind. Man bemerkt ferner, daß diese beiden Theilungsarten sich manchmal mit einander verbinden, so daß die akustischen Linien kreisförmige Linien sind, welche in gleiche Theile, durch die diametrale Knotenlinien getheilt wurden.

Wenn die Lamelle homogen, kreisartig und von gleicher Dicke ist, wenn die Figur nur aus diametralen Linien besteht; das System, welches sie bildet, in allen Arten von Richtungen stellt, so daß ein beliebiger Punkt des Umrisses der Lamelle zum Streichpunkte genommen wird, so bestimmt diese Richtung die Richtung der Klangfigur. Was die kreisförmigen Linien anbetrifft, so sind sie in demselben Falle mit dem Umkreise der Lamelle concentrisch. Dies ist der Fall, wenn alle Theile homogen sind, aber er findet nicht mehr Statt, wenn keine Symmetrie mehr da ist; auch reicht in diesem Falle die Lage des Streichpunktes nicht mehr hin, um die Lage der diametralen Knotenlinie zu bestimmen, und wenn diese Linien Kreise sind, so verwandeln sie sich in Ellipsen oder complizirtere Figuren. Wenn man z. B. eine Holzlamelle, welche parallel mit den Fasern geschnitten ist, nimmt, und man, nachdem man sie in ihrem Mittelpunkte leicht befestigt hat, sucht sie die Eintheilungsart hervorbringen zu lassen, welche aus zwei rechtwinklig gekreuzten Linien besteht, so findet man, daß eine dieser Linien in der Richtung der größern und die andere der kleineren Beugung liegt, und daß, wenn dieselbe Lamelle am Ende dieser Linien erschüttert wird, man eine zweite Theilungsart erhält, die eine Hyperbel gibt, deren Aeste sehr zusammengedrängt sind, und die zur zweiten Achse diejenige von den gekreuzten Linien hat, welche dem Mittelpunkte des *größten Beugungswiderstandes* entspricht. Dieses Beispiel zeigt allein, daß, wenn man aus verschiedener *Substanzen kreisförmige* Lamellen von gleicher Di

von verschiedenen Substanzen in paralleler
die um so höher über dem Horizonte sind
sie den hohen Gebirgsketten liegen, ge
während in den Ebenen ihr Strich hor
Auf den entgegengesetzten Seiten, bieten
ben Erscheinungen dar, jedoch in einer
Richtung. Diese Thatsachen kündigen d
daß eine innere Kraft die Erdoberfläche
denen Zeiten erhoben und diese Gebirgske
hat, welche sie nach allen Richtungen d

Steigt unser reisender Philosoph in die
oder künstlichen Aushöhlungen hinab, s
daß die Erdschichten häufig von Lagern g
welche einen wässrigen Ursprung und
Schichten haben, welche Pflanzen- und T
sehr oft in einem vollkommen erhaltenen Z
halten.

Dringt er weiter in das Innere de
so findet er, neue Thier- und Pflanzenüb
Arten angehören, welche sich mehr und
den jetzt lebenden entfernen, und die
verschieden von denselben sind. Ist er
primitiven Formation angelangt, so sie
nur die Wirkung des Feuers. Er schli
seinen Forschungen, daß die Erde sich
im gasartigen Zustande befand, d. h.
mente, aus welchen sie heutzutage b
Dämpfe in einem viel größeren Raum
als der ist, den sie wirklich einnehme
einanderfolgende Abkühlung, welches ei
Folge der strahlenden Wärme in d
Himmels ist, den Felsen und den ve
stanzen, welche die Urformation bild
gegeben hat, daß, bis zur Bildu
oder Uebergangsformation, einer
nens der Thiere und Pflanzen, die
lange mit der todten Natur kämp

he innig mit der Anordnung der akustischen
erknüpft ist.

zahlreichen Versuche, welche Savart über
krystall anstellte, zeigen, daß diese Substanz
der Zahl der Stoffe mit drei rechtwinkligen
leichen Elasticitätsachsen und zur Zahl der-
deren Theile symmetrisch um eine einzige ge-
le angeordnet sind, gezählt werden dürfe,
daß sie drei Systeme von Achsen oder Haupt-
slinien enthalte, deren Richtung er bestimmt
hat hierauf gezeigt, daß die große Diagonale
itiven Rhomboeders als die zwischenliegende
itsachse betrachtet werden müsse, daß eine
chse die kleine Diagonale der Rautenfläche
itiven Rhomboeders ist, indem diese Linie
Achse der größeren Elasticität eines jeden
betrachtet werde. Was die dritte Achse
, so ist sie senkrecht auf der dazwischen lie-
chse und bildet mit der der größeren Elasti-
en Winkel von 57° 40′ 13″, welches die
der Rhomboederfläche gegen die Diagonal-
. Man sieht demnach, daß die Achse der
Elasticität und die zwischenliegende Achse
er Ebene befinden, die die Rhomboederfläche
aß sie unter sich perpendikulär sind, und daß
enliegende Achse und die Achse der geringeren
t, die ebenfalls perpendikulär unter sich sind,
iagonalebene liegen. Der durchsichtige kohlen-
alk und der eisenhaltige kohlensaure Kalk
elastische Eigenschaften zu besitzen, die denen
krystalls analog sind, d. h. sie enthalten drei
von Hauptlinienelasticität, die unter sich
ind.

art *behauptete*, daß es vorkommen könne, daß
krystall wie der kohlensaure Kalk überzählige
flächen besitzen, welche parallel mit den
benen ihres primitiven Rhomboeders gehen.

Primitive Formation	Thonschichte
	Talgschichte
	Glimmerschichte
	Hornblende
	Gneis
	Granit
	Syenit

Wir haben in dieser Tabelle die Erdreiche von veränderlicher Lage und die vulkanischen Formationen mit welchen wir uns nicht zu beschäftigen haben, nicht angezeigt.

Da seit der Bildung der primitiven Formationen die Temperatur der Gewässer und der Oberfläche der Erde zu hoch war, als daß sie von lebenden Wesen hätte bewohnt werden können, so fehlen auch in allen älteren Formationen die organischen Ueberreste gänzlich. Nur in der mittleren oder der Uebergangsformation hat das organische Leben beginnen können. Wie wird aber der Uebergang vom unorganischen Leben (wenn wir uns so ausdrücken dürfen) zum organischen Leben bewerkstelligt?

Die vergleichende Anatomie lehrt uns, daß die vier großen Zweige, welche wirklich existiren, die Wirbelthiere, die Weichthiere, die Gliederthiere und die Strahlthiere zu gleicher Zeit mit dem organischen Leben auf der Erde erschienen sind. Die Wirbelthiere erhoben sich nicht über die Fische; die Weichthiere zeigten mehrere Familien, welche auf der ganzen Erdoberfläche verbreitet zu sein scheinen. Unter den Gliederthieren findet man nur die erloschene Familie der Trilobiten, welche beim Beginne der sekundären Reiche schon nicht mehr vorhanden sind; die Strahlthiere, deren Ueberreste die zahlreichsten sind, bilden eine Klasse von Wesen, welche durch ihre Verschiedenheit und Schönheit merkwürdig sind. Die Gewächse dieser Formation waren weniger zahlreich und be-

Seepflanzen; in der oberen Formation jedoch
eine beträchtliche Menge von Landpflanzen,
ſich in einem vollkommen erhaltenen Zuſtande
, und welche die Steinkohlenformation bilden.
ſekundären Formation findet man gleichfalls
ſie von den vier großen Zweigen des Thier-
vieder; die Erde war noch nicht in einem
Zuſtande, daß Landſäugethiere mit warmem
ätten darauf leben können. Was ſie aber am
charakteriſirt, iſt die große Menge von Sau-
deren Verhältniſſe rieſenartig waren; es gab
Land- und Amphibienſaurier.
der tertiären Formation nähern ſich die Vege-
und Thiere mehr und mehr den wirklich noch
n Arten. Dieſe Formation beſteht aus vier
, von denen eine jede durch die Foſſilien, die
in finden, charakteriſirt iſt. Die Arten haben
nach einander vermehrt. In der erſten, welche
ſchelkalk iſt, findet man ſehr wenig von den
ln, welche man mit den lebenden Muſcheln
hen könnte; in der zweiten bilden die foſſilen
ln, welche den lebenden analog ſind, die Mi-
; in der dritten und in der vierten, welche
mmiſche Flötzformationen umfaſſen, gehören
ſcheln größtentheils lebenden Arten an. Dieſe
oßen Flötzformationen wechſeln mit einer vier-
Reihe von Süßwaſſerformationen ab. Das
m der Foſſilien lehrt uns, daß in dieſen ver-
en Formationen das Thierreich nach denſelben
n gebildet war, und daß es die nämlichen
, die nämlichen Familien umfaßte, wie in un-
lagen.
der zweiten Periode, findet man ausgedehnte
gen von Sumpfſäugethieren der erſten Periode
älteſten generiſchen Formen, die noch in unſe-
gen vorhanden ſind. Die beiden andern Ab-
en des tertiären Niederlagerns des ſüßen Waſ-

sers haben Ueberfluß an ausgestorbenen Arten von Dickhäutern, deren Gattungen in unsern Tagen immer noch bestehen, wie z. B. die Gattungen, Elephant, Rhinozeros, Hippopotamus, Pferd, u. s. w. Man fängt dort an, zahlreichen Spuren von Wiederkäuern zu begegnen, wie z. B. dem Ochsen, dem Hirsche u. s. w., und die Zahl der Nagethiere muß sich bedeutend vermehrt haben, was man an dem Ueberflusse ihrer Fossile ersehen kann. In dieser Abtheilung und der vorhergehenden sind die Meere mit Wallfischen, Delphinen, Robben bevölkert worden, deren Gattungen noch existiren.

In den verschiedenen aufeinanderfolgenden Formationen, welche wir so eben durchgegangen haben, hat das Thierreich einen fortschreitenden Gang eingeschlagen, man hat jedoch noch keine fossilen Reste gefunden die der Gattung Mensch angehören. Daraus scheint hervorzugehen, daß der Mensch das letzte Werk der Schöpfung ist.

Aber welches sind die Kräfte, welche zur Bildung und zur Erzeugung aller Körper, die sich im Wasser, auf der Oberfläche und im Innern der Erde befinden, beigetragen haben? Diese Frage ist für die Naturphilosophie von der höchsten Wichtigkeit; was in dieser Hinsicht jedoch die organischen Körper anbetrifft, so geht ihre Lösung über die menschliche Kraft, denn wir haben keine Angaben über die Natur der Lebenskräfte und über die Ursachen, welche bei Erzeugung von Keimen und bei der von organischen Molekülen zusammengewirkt haben. Unsere Unwissenheit ist von der Art, daß, wenn durch irgend eine Ursache die Körper und die Stoffe, woraus die Erde besteht, durch eine übermäßige Wärme verflüchtigt würden, und hierauf eine gradweise Abkühlung stattfände, die unorganischen Zusammensetzungen sich nach den bekannten Gesetzen wieder bildeten, während wir nicht einsehen, wie sich die Keime der

Thiere und Pflanzen wieder erzeugen können. Man muß demnach das Dasein einer schaffenden Kraft zugestehen, welche sich in gewissen Epochen offenbart, und welche heutzutage nur so wirkt, um die wirklich lebenden Arten zu erhalten, aber nicht um neue Keime zu bilden.

Aus den allgemeinen Thatsachen, die wir so eben mittheilten, müssen wir schließen, daß seit der Bildung der Uebergangsformation alle Körper in zwei große Klassen eingetheilt werden konnten und noch eingetheilt werden. In die erste kamen die mit Leben begabten Körper, in die zweite diejenigen, welche desselben beraubt sind.

Die Körper der ersten Klasse bestehen aus Theilen, welche in Beziehung auf Gestalt, Zusammensetzung Funktionen, welche sie zu verrichten haben, wesentlich von einander verschieden sind. Einen oder mehrere davon wegnehmen, würde denselben nachtheilig verändern, manchmal die Körper selbst zerstören. Diese zur Existenz der Körper nothwendigen Theile hat man Organe und die Körper selbst organisirte Körper genannt; während man unorganisirte Körper diejenigen nennt, bei welchen alle ähnliche Theile getheilt werden können, ohne darum aufzuhören dieselben zu sein.

Alle Körper haben physische Eigenschaften, welche, wenn sie zur ersten Klasse gehören, von ihrer Organisation, und von ihrer Natur, von ihrer Molekularanordnung, so wie von den Kräften, welche bei ihrer Constitution und ihrer Zusammensetzung vorherrschen, abhängen, wenn sie zu der zweiten Klasse gehören. Das Studium der Kräfte und der Beschaffenheit der Körper ist also mit dem ihrer physikalischen Eigenschaften innig verbunden und kann nicht davon getrennt werden. Das Ganze der Kenntnisse, zu welchen dieses doppelte Studium führt, bildet das Gebiet der Physik aus dem allgemeinsten Gesichts-

punkte und folglich in ihren Beziehungen zu der Chemie und den verwandten Wissenschaften betrachtet.

Betrachten wir zuerst die unorganischen Körper, welche sich, da sie von einfacher Constitution sind, besser als die organischen Körper zu den Forschungen des Physikers hergeben. Diese Körper entstehen aus der Vereinigung von einer unendlichen Anzahl ähnlicher oder heterogener Elementartheilchen, die man Atome genannt hat, je nachdem die Körper einfach oder zusammengesetzt sind. Diese Atome bilden, indem sie sich nach einfachen Gesetzen gruppiren, zusammengesetzte Atome von der zweiten und dritten Ordnung, welche, indem sie sich aufs Neue gruppiren, Moleküle erzeugen, welche von Wärme umgeben sind, die sich unaufhörlich ihrer Attraktionskraft widersetzt. Wenn sich die intermolekulare Wärmemenge vermehrt oder vermindert, so wird die Entfernung der Moleküle von einander entweder größer oder kleiner, und das Volumen der Körper erleidet entsprechende Veränderungen, welche häufig eine neue Anordnung der Moleküle hervorbringen. Außer der Wärme läßt man noch an der Constitution der Körper die Affinität und die Elektricität Theil nehmen.

Die Moleküle der Körper sind demnach mehreren Systemen von Kräften unterworfen, welche attraktive und repulsive Wirkungen hervorbringen; je nachdem die ersten die zweiten überwiegen oder von ihnen übertroffen werden, sind die Körper fest, tropfbar flüssig oder gasartig. Indem sich die Moleküle, nach dem Zustande der Körper, in mehr oder minder großen Distanzen von einander finden, gibt es nothwendig verschiedenen Weise zwischen ihnen Zwischenräume, wo die imponderablen Agentien unaufhörlich mit den materiellen Principien der Körper kämpfen. In diesen Räumen, deren Ausdehnung unseren Sinnen entgeht, befindet sich die Erscheinungen der Elektricität, des Lichtes, der Wärme, der Verwandtschaften u

Molekularattraktion. Daher muß man diese Agentien auch da erforschen, um ihre Eigenschaften und die Art und Weise der Wirkung eines jeden von ihnen auf die Moleküle zu untersuchen. Um diesen Zweck zu erreichen, muß man die Körper beschreiben, das Dasein der imponderablen Agentien darthun, sie aus den Zwischenräumen herausnehmen und hernach untersuchen, wie diese letzteren entweder isolirt, oder zu gleicher Zeit auf die Zusammensetzung und auf die Bildung der Körper wirken. Dies ist der Gesichtspunkt, aus welchem wir das Studium der auf die Chemie und auf die verwandten Wissenschaften angewandten Physik betrachten, da diese Wissenschaft jedoch nur in so weit mit Nutzen getrieben werden kann, als man allgemeine Kenntnisse über die Bildung der Körper, ihre Struktur, ihre Organisation besitzt, so halten wir es für nützlich, gleich zu Anfang das Nothwendigste in dieser Beziehung anzuführen, um dem Leser, welcher sich nicht damit beschäftigt hätte, die Mühe zu ersparen, seine Zuflucht zu besonderen Werken zu nehmen, in welchen diese Angaben vielleicht in keinem so gedrängten Rahmen enthalten wären, um eine allgemeine Uebersicht davon zu bekommen.

In physikalischen Werken beschäftigt man sich im Allgemeinen mit den Eigenschaften der Körper und abstrahirt von ihrer Natur; während in der angewandten Physik jeder Körper als ein Werkzeug betrachtet wird, das man befragt, um daraus Wirkungen abzuleiten, welche von seiner Constitution oder von seiner Organisation abhängen. Aber wie man in der Physik ein Instrument beschreibt, mit welchem man experimentiren muß, eben so hat man Kenntnisse von den Körpern nöthig, deren physische Eigenschaften man studiren will. Indem wir diesen Gang einschlagen, haben wir durchaus nicht die Absicht, die Elemente der Chemie und der verschiedenen Zweige

der Natu senschaften vorzutragen, weil wir uns
weder r Klassifikation der Körper, noch mit
den Be issen, welche die Körper unter sich ver-
binden, äftigen. Unser Zweck ist allein der, wir
wiederho es, in einem ziemlich engen Rahmen die
Kenntniss rzutragen, welche dem Leser nothwendig
sind, dam r sich einen Begriff von der Constitution
der Körper welche der Gegenstand unserer Forschungen
sein müssen machen könne.

Molekularattraktion. Daher muß man diese Agentien auch da erforschen, um ihre Eigenschaften und die Art und Weise der Wirkung eines jeden von ihnen auf die Moleküle zu untersuchen. Um diesen Zweck zu erreichen, muß man die Körper beschreiben, das Dasein der imponderablen Agentien darthun, sie aus den Zwischenräumen herausnehmen und hernach untersuchen, wie diese letzteren entweder isolirt, oder zu gleicher Zeit auf die Zusammensetzung und auf die Bildung der Körper wirken. Dies ist der Gesichtspunkt, aus welchem wir das Studium der auf die Chemie und auf die verwandten Wissenschaften angewandten Physik betrachten, da diese Wissenschaft jedoch nur in so weit mit Nutzen getrieben werden kann, als man allgemeine Kenntnisse über die Bildung der Körper, ihre Struktur, ihre Organisation besitzt, so halten wir es für nützlich, gleich zu Anfang das Nothwendigste in dieser Beziehung anzuführen, um dem Leser, welcher sich nicht damit beschäftigt hätte, die Mühe zu ersparen, seine Zuflucht zu besonderen Werken zu nehmen, in welchen diese Angaben vielleicht in keinem so gedrängten Rahmen enthalten wären, um eine allgemeine Uebersicht davon zu bekommen.

In physikalischen Werken beschäftigt man sich im Allgemeinen mit den Eigenschaften der Körper und abstrahirt von ihrer Natur; während in der angewandten Physik jeder Körper als ein Werkzeug betrachtet wird, das man befragt, um daraus Wirkungen abzuleiten, welche von seiner Constitution oder von seiner Organisation abhängen. Aber wie man in der Physik ein Instrument beschreibt, mit welchem man experimentiren muß, eben so hat man Kenntnisse von den Körpern nöthig, deren physische Eigenschaften man studiren will. Indem wir diesen Gang einschlagen, haben wir durchaus nicht die Absicht, die Elemente der Chemie und der verschiedenen Zwei

aften vorzutragen, weil wir uns
ſſifikation der Körper, noch mit
welche die Körper unter ſich ver-
n. Unſer Zweck iſt allein der, wir
einem ziemlich engen Rahmen die
gen, welche dem Leſer nothwendig
einen Begriff von der Conſtitution
der Gegenſtand unſerer Forſchungen
n könne.

einen Begriff von den Verbindungen in bestimmten Verhältnissen zu geben anfingen.

Wenzel gab im Jahr 1777 ein Werk über die Theorie der Affinitäten heraus, in welchem er zu beweisen suchte, indem er sich auf sehr genaue Analysen stützte, daß die Verbindungen nicht, wie man allgemein glaubte, veränderlich und unbestimmt wären, daß zwei neutrale Salze, welche sich gegenseitig zersetzen, zwei vollkommen neutralen Salzen ihr Entstehen geben, und daß ein solches Verhältniß zwischen den Gewichten von zwei Basen stattfände, welche erforderlich sind, um dasselbe Gewicht Säure zu sättigen, daß dieses Verhältniß sich nicht ändere, was für eine Säure es auch sein möge, und umgekehrt. Obgleich dieses Werk voll neuer und wichtiger Entdeckungen war, so zog es doch die Aufmerksamkeit der Chemiker seiner Zeit wenig auf sich, so sehr waren alle mit den großen Entdeckungen Lavoisier's beschäftigt.

Indem Richter einige Zeit nachher die Forschungen Wenzels wieder aufnahm, bestätigte er die Genauigkeit derselben, und entdeckte außerdem die wichtige Thatsache, daß die Oxyde zu ihrer Neutralisirung Säuremengen verlangen, welche der Menge des Sauerstoffs, den sie enthalten, proportional sind, und daß ein constantes Verhältniß zwischen der Säure eines Salzes und dem Sauerstoff seiner Base bestehe. Berzelius zeigte sodann, daß in den Verbindungen der Basen mit der Salpeter- und Schwefelsäure, das Verhältniß des Sauerstoffs der Basen zu dem der Säure wie 1:3, 1:5 sei.

So weit war man mit der Theorie der chemischen Proportionen gekommen, als Dalton in einem, im Jahre 1810 herausgegebenen Werke den Grundsatz aufstellte, daß sich die Verbindungen der Körper zwischen Elementaratomen und nicht zwischen Bruchatomen bewerkstelligen. Wenn zwei Körper z. B. mehrere Verbindungen bilden, so bewerkstelligen sich diese

Verbindungen folgendermaßen: ein Atom des ersten mit einem Atome des zweiten, woraus ein zusammengesetztes Atom der zweiten Ordnung oder binäres Atom entsteht, oder auch ein Atom des ersten mit zwei Atomen des zweiten u. s. w. Existirt nur eine einzige Verbindung? Sie findet gewöhnlich zwischen zwei einfachen Atomen Statt; wenn es zwei gibt, so wird die eine von binären, die andere von ternären Atomen u. s. f. gebildet.

Versuche, welche von Gay-Lussac und von Humboldt im Jahr 1806 über die Verbindung der gasartigen Stoffe angestellt worden waren, bestätigten die theoretischen Ansichten Daltons, indem sie bewiesen, daß alle gasartigen Stoffe sich in festen und vielfachen Verhältnissen einer ganzen Zahl ihres Volumens verbinden. Gay-Lussac und von Humboldt bewiesen wirklich, daß ein Volumen Sauerstoffgas, verbunden mit zwei Volumen Wasserstoffgas, Wasser erzeugt; daß alle gasartigen Substanzen, welche Verbindungen bilden, sich entweder in gleichen Volumina oder in solchen Verhältnissen verbinden, daß das Volumen des einen ein Vielfaches von der ganzen Zahl des andern ist, und daß die Contraktion, wenn sie stattfindet, immer im einfachen Verhältniß zum ursprünglichen Volumen steht, wie man es aus der folgenden Tabelle sieht:

Volumen des einen der Gase.	Volumen des andern Gases.	Mengen, welche von der Verbindung der beiden Gase erzeugt wurden.
200 Wasserstoffgas	100 Sauerstoffgas	Wasser.
300 —	100 Stickstoff	200 Ammoniakgas
100 —	100 Chlor	200 salzsaures Gas
100 Stickstoffgas	50 Sauerstoffgas	100 Stickoxydulgas.
100 —	100 —	200 Stickoxydgas.
100 —	150 —	Untersalpetrige Säure.
100 —	200 —	Salpetrige Säure.
100 —	250 —	Salpetersäure.

Diese Resultate beweisen, daß die Elemente der gasartigen Körper sich unter sich in festen und beziehungsweise zu ihrem Volumen vielfachen Verhältnissen verbinden, wie es Dalton in Beziehung auf das Gewicht behauptet hatte. Man zog nun daraus den Schluß, daß die Gesetze der gasförmigen Verbindungen die nämlichen sind, wie die, welche bei den Verbindungen der festen oder tropfbarflüssigen Stoffe vorherrschen. Wenn man die atomistische Theorie und die Volumentheorie mit einander vergleicht, so leitet man daraus ab, daß die Atome in den Gasen gleichweit von einander entfernt sind und daß bei gleichem Volumen, bei derselben Temperatur und bei demselben Drucke die Zahl derselben die nämliche ist; Dumas fand indessen, daß die Dämpfe eine Ausnahme machen: 1) im Phosphordampfe, wo die Zahl der Atome das Doppelte von derjenigen des nämlichen Volumens vom permanenten Gase ist; 2) in dem des Schwefels, ist sie das Dreifache; 3) in dem des Queckſilbers ist die Zahl die Hälfte. Bei den Dämpfen der einfachen Körper scheint endlich das Verhältniß zwischen dem Volumen und der Anzahl der Atome das Vielfache oder der Faktor von der Zahl der Atome zu sein, welche in einem gleichen Volumen eines permanenten Gases enthalten sind. Aber ehe wir die Beziehungen, welche zwischen der Atomentheorie und der der Volumina bestehen, auseinandersetzen, müssen wir Grundprincipien geben, ohne welche wir keine, mit dem wirklichen Zustande der Wissenschaft übereinstimmende Resultate erhalten könnten.

Wir wollen zuerst einige Gesetze durchgehen, nach welchen sich die Atome in der unorganischen Natur verbinden. Ein Atom eines Elements verbindet sich, haben wir gesagt, mit einem, zwei, drei u. s. w. Atomen eines anderen Elementes; aber man weiß nicht, wie weit die Anzahl dieser letzteren gehen

kann; man hat behauptet, daß sie die Zahl zwölf wegen der vorausgesetzten Kugelgestalt der Atome, und auch darum nicht überschreiten könne, weil eine Kugel mit nicht mehr als zwölf gleich großen Kugeln in Contakt gebracht werden kann, wenn sie dieselbe ganz umgeben sollen. Wenn man zeigte, daß die Gestalt der Atome sphärisch wäre, so könnte sich diese Vermuthung in eine Wahrheit verwandeln; überdies kennt man keine unorganischen Verbindungen, die dieses Verhältniß überschreiten. Wenn aber ein Atom eines Elements sich mit einem, zwei, drei u. s. w. Atomen eines anderen Elementes verbindet, können zwei Atome des ersten sich mit zwei, vier, sechs Atomen des zweiten verbinden? Wir wissen es nicht. Das folgende Beispiel zeigt unsere Ungewißheit in dieser Beziehung: das Wasser besteht aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff; wenn es sich noch mit einem andern Atome Sauerstoff verbindet, so bildet es das Wasserstoffsuperoxyd; folgen nun daraus zwei Atome Superoxyd, von denen ein jedes aus einem Atom Sauerstoff und einem Atom Wasserstoff besteht, oder wohl ein einziges Atom, das aus zwei Atomen von jedem Elemente besteht? Die Ungewißheit ist dieselbe, wenn wir die Zusammensetzung des Ammoniaks betrachten, welches aus einem Atom Stickstoff und drei Atomen Wasserstoff, die sich in zwei Volumina verdichtet haben, besteht. Hier fehlen die Thatsachen, um die Alternative zu entscheiden. Die Verbindungen der zusammengesetzten Atome richten sich nach denselben Gesetzen; aber es geschieht nicht in derselben großen Zahl von Verhältnissen, während sich die Verwandtschaften in dem Verhältnisse vermindern, je zusammengesetzter die Atome werden; so haben die Atome der dritten Ordnung nur eine sehr schwache Verwandtschaft, die sich nur in sehr langsamen Wirkungen äußert. Man kennt auf die nämliche Weise die Verbindungszahlen, welche

zwischen den zusammengesetzten Atomen und den einfachen Atomen vorkommen, nicht.

Die Verbindungen der zusammengesetzten Atome sind demungeachtet gewissen Bedingungen unterworfen, welche ihre Anzahl beschränken.

In den neutralen schwefelsauren Salzen z. B. verhält sich die Sauerstoffmenge des Oxyds zu der der Säure = 1 : 3; dieses Verhältniß ist eine Folge aus der atomistischen Zusammensetzung der schwefelsauren Salze, in welchen die Basis aus einem Atome Metall und einem Atome Sauerstoff, die Säure aus einem Atome Schwefel und drei Atomen Sauerstoff besteht.

In den schwefligsauren Salzen verhält sich die Sauerstoffmenge des Oxyds zu der der Säure = 1 : 2.

In den unterschwefligsauren Salzen ist dieses Verhältniß = 1 : 5.

In den selensauren Salzen	. . .	= 1 : 3
„ „ selenigsauren Salzen	. . .	= 1 : 2
„ „ salpetersauren Salzen	. . .	= 1 : 2
„ „ untersalpetersauren Salzen	.	= 1 : 5
„ „ neutralen phosphorsaur. Salzen		= 2 : 3
„ „ phosphorigsauren Salzen	. .	= 2 : 5

In den arsen- und arsenikſauren Salzen, deren Zusammensetzung die nämliche, wie die der neutralen phosphorsauren und phosphorigsauren Salze ist, sind die Verhältnisse zwischen den Sauerstoffmengen dieselben.

In den borsauren Salzen verhalten sich diese Mengen . . . . . = 1 : 3

In den kohlensauren Salzen . . . = 1 : 3

„ „ überchlorsauren Salzen . . = 1 : 7

Diese Verhältnisse sind, wir wiederholen es, eine Folge aus der atomistischen Zusammensetzung aller dieser Salze.

Das Verhältniß 3 : 2 zeigt sich, wenn die Säuren bei einem niederen Grade der Säuerung aus

im Laufe dieses Werkes bisweilen nöthig haben werden.

Atomgewichte der einfachen Körper, nach Berzelius.

	Gewicht von			Gewicht von	
	zwei Atomen Wasserstoff = 1	einem Atom Sauerstoff = 100		zwei Atomen Wasserstoff = 1	einem Atom Sauerstoff = 100
Sauerstoff	8,01	100	Silber	108,30	1351,61
Wasserstoff	1	6,2398	Queckſilber	101,43	1265,82
Stickstoff	7,09	88,52	Kupfer	31,71	395,70
Schwefel	16,12	201,17	Uran	217,26	2711,36
Phosphor	15,72	196,14	Wismuth	17,07	886,92
Chlor	17,74	221,33	Zinn	58,98	735,29
Brom	39,20	489,15	Blei	103,73	1294,50
Jod	63,28	789,75	Cadmium	55,83	696,77
Fluor	9,37	116,90	Zink	32,31	403,23
Kohlenstoff	6,13	76,44	Nickel	29,62	369,68
Bor	10,91	136,25	Kobalt	29,57	368,99
Silicium	22,22	277,31	Eisen	27,18	339,21
Selen	39,63	494,58	Mangan	27,78	345,89
Arsenik	37,67	470,04	Magnesium	12,69	158,35
Chrom	28,19	351,82	Cerium	46,05	574,70
Molybdän	47,96	598 52	Thorium	59,83	744,90
Wolfram	94,80	1183,00	Zirkonium	33,67	420,20
Antimon	64,62	806,45	Yttrium	32,25	402,51
Tellur	64,25	801,76	Vanadium	68,66	856,89
Tantal	92,45	1153,72	Glucinium	26,54	331,26
Titan	24,33	303,66	Aluminium	13,72	171,17
Gold	99,60	1243,01	Calcium	20,52	256,02
Osmium	99,72	1244,49	Strontium	43,85	547,29
Iridium	98,84	1233,50	Barium	68,66	856,88
Platin	98,84	1233,50	Lithium	6,44	80,33
Palladium	53,36	665,90	Natrium	23,31	290,90
Rhodium	52,20	651,39	Kalium	39,26	489,92

Alle dieſe Atomgewichte ſind nicht in ganzen Zahlen ausgedrückt. Dumas iſt mit Prout der Anſicht, daß man die Brüche, weil ſie innerhalb der Gränzen von Fehlern liegen, die man bei Beſtimmung dieſer Gewichte leicht begehen kann, weglaſſen könne. Wir geben hier nach ihm die Tabellen der Atome

Da diese Methode in den Werken über die Chemie ausführlich erörtert wird, so dürfen wir uns darauf beschränken, sie auf eine allgemeine Weise anzugeben: wenn man einmal die Zahl der einfachen Atome, welche in einer Verbindung vorhanden sind, gefunden hat, so bieten die Gewichte, welche man erhalten will, keine Schwierigkeit mehr dar; es ist jedoch nicht immer leicht, diese Zahl zu bestimmen, denn man hat oft unter mehreren zu wählen, und man hat zur Entscheidung bloß chemische Betrachtungen, welche besonders die Physiker in Ungewißheit lassen.

Die Körper, deren Atomgewichte man bestimmen will, können gasartig oder fest sein; im ersten Falle geht man von dem Principe aus, daß zwei gleiche Volumina Gase bei demselben Drucke und bei derselben Temperatur dieselbe Anzahl Atome enthalten, das Verhältniß ihrer Dichtheit wird dasjenige ihrer Atomgewichte sein. Wenn man nun, da die Dichtheit des Sauerstoffes 1,1026 die des Wasserstoffes 0,0687 ist, die Atomgewichte des ersten Gases durch 100 darstellt, so wird das des Wasserstoffs 6,23 sein; dadurch kann man die Atomgewichte des Chlors, des Stickstoffs und einiger andern von Natur gasartiger Körpern bestimmen; aber da die Zahl derselben ziemlich beschränkt ist, so muß man, wenn man diese Methode auf die Körper ausdehnen will, welche gasartige Verbindungen bilden, zu dem Gesetz der Volumina seine Zuflucht nehmen, welches von Gay-Lussac vorher bekannt gemacht wurde. Auf diese Weise hat man die Atomgewichte des Schwefels, des Phosphor, des Arseniks und des Kohlenstoffs bestimmen können. Wir wollen den Schwefel nehmen: um die Dichtheit seines Dampfes zu erhalten, muß man annehmen, daß die Schwefelsäure aus einem Volumen Wasserstoff und einem halben Volumen Schwefeldampf bestehe, man wird zu dieser Annahme durch

die Zusammensetzung des Wasserdampfes und durch die Analogie, welche zwischen diesem Körper und dem Wasserstoffe besteht, geführt, welche sich auf die nämliche Weise in ihren Verbindungen verhalten. Man ersieht daraus einen Beweis von der Ungewißheit, in der man sich befindet, wenn man die atomistische Zusammensetzung einiger Körper zu bestimmen sucht; man muß indessen hinzufügen, daß einem mannigmal die Mittel zu Gebote stehen, sich darüber zu versichern, ob die Bestimmung des Atomgewichtes genau ist oder nicht; man stützt sich unter anderem auf das Gesetz von Petit und Dulong, auf die specifische Wärme der einfachen Körper, nämlich daß das Produkt des Gewichts von einem jeden Atome mit der entsprechenden Wärmecapacität eine constante Größe ist, sobald als man die specifische Wärme eines Körpers kennt, ist es leicht, das Atomgewicht zu erhalten; obgleich aber dieses schöne Gesetz wirklich besteht, so bestätigt es sich nur zwischen gewissen Gränzen, wie dies Regnault zeigte, so daß man sich also vor den Induktionen hüten muß, die man daraus zieht.

Sind die Körper fest, so verfährt man folgendermaßen: wir wollen annehmen, daß die Verbindung zweier Körper aus der Vereinigung eines Atoms des einen mit einem Atome des andern entstehe; augenscheinlich muß das Verhältniß der Atomgewichte dasselbe sein, wie das des Gewichtes von jedem Körper. Indem wir eines von den Gewichten zur Einheit annehmen, so wird das andere das Gewicht eines Atoms als eine Funktion von dem des andern angeben. Wenden wir diese Regel auf das Bleioxydul an. 100 Theile Blei verbinden sich mit 7,725 Theilen Sauerstoff; indem man durch 100 das Atomgewicht des Sauerstoffs darstellt, so wird man für das des Bleis 1294,478 erhalten. Das Kupferoxyd besteht aus einem Atome Kupfer und einem Atome Sauerstoff

a nun durch Reduktion 7,68075 Gr. Sauerstoff durch Wasserstoffgas, ein Gewichtsverlust von 1,55 Gr. von em entrissenen Sauerstoffe entsteht, so folgt daraus, aß ein Atom Kupfer 395,695 wiegt. Nicht alle Verbindungen geben sich eben so leicht zu ähnlichen Rechnungen hin, denn man ist häufig über die wirkliche atomistische Zusammensetzung in Ungewißheit, welche man nur dadurch heben kann, daß man sich uf chemische Betrachtungen stützt, welche nicht hieher ehören. Wir wollen nun zu einem Beispiel von iner andern Gattung übergehen.

Nach der Volumentheorie besteht das Wasser aus wei Volumen Wasserstoff und einem Volumen Sauerstoffgas, und folglich aus zwei Atomen Wasserstoff nd einem Atome Sauerstoff. Da Berzelius fand, aß das Gewicht des Sauerstoffs gleich 88,904 und as des Wasserstoffs gleich 11,096, auf 100 Wasser i, so schloß er daraus, daß sich das Gewicht des Wasserstoffs zu dem des Sauerstoff wie 1 : 8,012 verhalte; Dumas hat jedoch in einer neuern Arbeit über ie Analyse des Wassers gezeigt, daß die Hypothese es Prout genau war, und daß, abgesehen von den Versuchsfehlern, das Verhältniß von 1 : 8 wäre, und aß man es für das der Atomgewichte annehmen müsse. Da nun die Analyse, wie man soben gesehen hat, zu Gewichten 88,904 Sauerstoff nd 11,096 Wasserstoff gegeben hat, und man durch 8,904 das Atomgewicht des Sauerstoffs darstellt, wird das des Wasserstoffs gleich 11,096 oder ,548 sein; stellt man das erste durch 100 dar, hat das des zweiten 6,24 zum Werth. Es ist icht durch Vergleichung verschiedener Verbindungen, welchen sich dieselben Körper befinden, eine atomistische Tabelle aller Körper zu entwerfen. Da diese rbeit in das Gebiet der Chemie gehört, so begnüwir uns, in den folgenden Tabellen die Atomichte der einfachen Körper zu geben, deren w

Substanzen		Atomgewichte	Dulong'sches specifisches Volumen	Berechnete Dichtheit	Beobachtete Dichtheit
Antimon	Sb	806	120	6,72	6,70 Karsten; 6,6 Breithaupt; 6,85 Muschenbröck.
Arsenik	As	470	80	5,87	5,70, 5,96 Guibourt; 5,62 Karst.; 5,67 Herapath.
Blei	Pb	1294	114	11,35	11,33 Kupffer; 11,39 Karsten; 11,35 Herapath.
Brom	Br	489	160	3,06	2,99 Löwig; 2,97 Balard.
Cadmium	Cd	697	81	8,60	8,66 Herapath; 8,63 Karsten, Kopp; 8,60 Stromeyer.
Chlor	Cl	221	160	1,38	1,33 Faraday.
Chrom	Cr	352	69	5,10	5,10 Thomson.
Cobalt	Co	369	44	8,39	8,49, Brunner; 8,51 Berzelius; 8,71 Lampadius.
Cyan	Cy	165	160	1,03	Ungefähr 0,9 Faraday.
Eisen	Fe	339	44	7,70	7,6, 7,8 Broling; 7,79 Karsten
Gold	Au	1243	65	19,4	19,26 Brisson.
Jod	I	789	160	4,93	495 Gay-Lussac.
Iridium	Ir	1233	57	21,6	19,5 Mohs; 23,5 Breithaupt.
Kalium	K	490	583	0,84	0,86 Gay-Lussac und Thenard; 0,87 Seminitni.
Kupfer	Cu	396	44	9,00	8,96 Berzelius; 9,00 Muschenbröck; 8,72 Karsten.
Mangan	Mn	346	41	7,86	8,03 Bachmann; 8,01 John.
Molybdän	Mo	599	69	8,68	8,62, 8,64 Bucholz
Natrium	Na	291	292	0,99	0,97 Gay-Lussac und Thenard.
Nickel	Ni	370	44	8,41	8,40 Tourte; 8,38 Tupputi; 8,60 Brunner.
Osmium	Os	1244	57	21,8	19,5 (?) Thenard.
Palladium	Pd	666	57	11,7	11,3 Wollaston; 12,1 Lowry.
Phosphor	P	196	111	1,77	1,77 Berzelius.
Platin	Pt	1233	57	21,6	21,0 Borda; 21,5 Berzelius; 23,5 Cloud.
Quecksilber	Hg	1266	93	13,6	13,6 Kupffer, Karsten, Cavallo.
Rhodium	R	651	57	11,4	11,0 Wollaston; 11,2 Cloud.
Schwefel	S	201	101	1,99	1,99, 2,05 Karsten; 1,99 Breith.
Selenium	Se	495	115	4,30	4,30, 4,32 Berz.; 4,31 Boullay.
Silber	Ag	1352	130	10,4	10,4 Karsten
Titan	T	301	5	5,33	5,3 Wollaston; 5,28 Karsten.
Wismuth	Bi	1330	135	9,85	9,88 Thenard; 9,83 Herapath; 9,65 Karsten.
Wolfram	W	1183	69	17,1	17,2 Allan u. Aiken; 17,4 Bucholz
Zink	Zn	403	58	6,95	6,92 Karsten; 6,86, 7,21 Berzelius
Zinn	Sn	735	101	7,28	7,28 Herap.; 7,29 Kupff., Karsten

Wir finden in dieser Tabelle mehrere von Dumas erhaltene Resultate wieder, weil die Metalle in verschiedene Gruppen, von welchen jede das nämliche specifische Volumen hat, getheilt werden können. Hier folgen diese Gruppen:

1) das Brom, das Chlor, das Cyan und das Jod;
2) das Chrom, das Molybdän und das Wolfram;
3) das Cobalt, das Kupfer, das Eisen, das Mangan und das Nickel;
4) das Iridium, das Osmium, das Palladium, das Platin und das Rhodium;
5) das specifische Volumen des Silbers ist das doppelte von dem des Goldes;
6) das specifische Volumen des Kaliums ist gleichfalls das doppelte von dem des Natriums.

Aus der Gleichheit der Volumina in jeder Gruppe und aus dem Verhältnisse des Volumens von einer Gruppe zu einer andern kann man die Dichtheiten berechnen.

Man sieht in der vorhergehenden Tabelle, daß die berechneten und die beobachteten Dichtheiten dieselben sind; die Unterschiede sind so gering, daß sie einem Versuchsfehler zugeschrieben werden können. Wir wollen die Principien angeben, auf welche Kopp sich stützt, um die Dichtheiten der Verbindungen zu berechnen.

Seien A und B die Atomgewichte der beiden Stoffe, welche eine Verbindung mit einander eingehen, a und b die beobachteten Dichtheiten, so wird man $\alpha = \frac{A}{b}$, $\beta = \frac{B}{b}$ für die ursprünglichen specifischen Volumina der constituirenden Theile erhalten.

Wenn c die Dichtheit der Verbindung ausdrückt, so wird ihr Atomgewicht $= A + B$ sein, man hat demnach für ihr specifisches Volumen

$$\gamma = \frac{A + B}{c}$$

γ wird jedesmal $= \alpha + \beta$ sein, wenn während der

Bildung der Verbindung weder Zusammenzi
Ausdehnung entsteht; diese Bedingung w
selten erfüllt. Wenn auf der andern Seite
änderung eintritt, so weiß man a priori
welcher Seite diese Veränderung stattfand,
weiß nicht, welcher von diesen constituirend
es ist, der sich zusammengezogen oder ausge
Man hat also eine unbestimmte Gleichung
Wir wollen hier die theoretischen Ansichten,
geleitet haben, anführen, um zur Erkennt
zu gelangen, was in diesem Umstande vor
führen sie wörtlich an:

„Ein constituirender Theil kann in ein
dung eingehen, ohne daß irgend eine Ve
seines specifischen Volumens nöthig ist, und
wenn das specifische Volumen der Verbindu
ist, als dasjenige des constituirenden Theile
lirten Zustande. Das einfachste besteht dar
forschen, welches die Resultate sind, die
der Annahme erhält, daß der eine von den
renden Theilen mit seinem ursprünglichen
Volumen in die Verbindung eingehe. Sc
gefunden, daß man häufig denselben Rest a
tes specifisches Volumen des gemeinschaftli
stituirenden Theiles erhält, indem man vor
cifischen Volumen der Verbindungen das ur
specifische Volumen der entsprechenden cons
Theile abzieht. So übertreffen zum Bei
beobachteten specifischen Volumina von Cd
HgO, PbO, ZnO alle um die nämliche Za
sprünglichen specifischen Volumina von Cd
Pb, Zn. Indem wir also annehmen, da
analogen Verbindungen die entsprechenden
renden Theile mit ihrem ursprünglichen
Volumen enthalten sind, so reicht eine ei
nahme für das specifische Volumen des ge
lichen constituirenden Theiles hin, um di

des specifischen Volumens aller Verbindungen zu erklären. Indem man von dem specifischen Volumen mehrerer analoger Verbindungen das ursprüngliche specifische Volumen des darin enthaltenen Metalls abzieht, gelangt man beinahe immer zu demselben Reste (welcher als das specifische Volumen des gemeinschaftlich constituirenden Theiles angesehen werden muß), wenn das Metall, das in der Verbindung enthalten ist, eines von den Metallen Antimon, Silber, Wismuth, Cadmium, Cobalt, Kupfer, Zinn, Mangan, Queckſilber, Molybdän, Nickel, Gold, Platin, Blei, Titan, Wolfram, Zink ist. Was zu der Annahme führt, daß diese Metalle immer eine Verbindung ohne Aenderung des ursprünglichen specifischen Volumens eingehen. Daraus erfährt man zu gleicher Zeit, welche Zahl man als das specifische Volumen für den gemeinschaftlich constituirenden Theil annehmen müsse, der in analogen Verbindungen dieser Metalle enthalten ist. Dagegen darf man in den Verbindungen anderer Metalle, (Barium, Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Strontium, u. s. w.), welche man seit langer Zeit von den vorhergehenden trennte, durchaus nicht annehmen, daß das Metall mit seinem ursprünglich specifischen Volumen darin enthalten sei, denn dasselbe ist, wie man weiß, immer größer, als das specifische Volumen der Verbindung. Um zu bestimmen, welches das specifische Volumen ist, das man für diese Metalle, welche in die Verbindungen eingegangen sind, annehmen müsse, so ist das Einfachste, daß man annimmt, das specifische Volumen des gemeinschaftlich constituirenden Theiles sei dasselbe in den Verbindungen der Metalle Antimon, Silber u. s. w. wie in den Verbindungen der Metalle Barium, Kalium u. s. w.; daß man ferner annehme, daß das specifische Volumen, welches für eines dieser letzteren Metalle hypothetisch angenommen wurde, da

selbe in allen analogen Verbindungen dies
Metalls sei. Auf diese Weise habe ich die Constituti
des specifischen Volumens für Verbindungen bestimm
die am gründlichsten untersucht wurden. Ich fan
mit der Entwicklung dieser Begriffe über die Conf
tution der festen oder flüssigen Körper nach dem V
lumen dadurch an, daß ich die Zusammensetzung d
Salze erkläre, weil wir auf diese Weise mehre
Klassen analoger Verbindungen betrachten könne
In dieser Abhandlung nehme ich die Theorie d
Wasserstoffsäuren, welche zuerst von Davy aufgestell
von Dulong und in der neuesten Zeit von Liebig ve
theidigt worden ist, zur Grundlage an. Nehmen w
folgende Voraussetzungen an:

„Jedes Metall ist in den Salzen, das es bi
den kann, mit demselben Atomvolumen enthalte
nämlich:

„Einige, wie Antimon, Silber, ... Zink m
ihren ursprünglichen specifischen Volumina, wie
weiter oben angegeben worden sind.

„Einige, wie Barium, Kalium mit einem ande
ursprünglichen Volumen; wir nehmen für diese M
talle, welchen in den Salzen enthalten sind, folgen
specifische Volumina an:

Ammonium ist in seinen Salzen mit

	dem specifischen Volumen		Am = 218	enthal
Barium	—	—	Ba = 143	—
Kalcium	—	—	Ca = 60	—
Magnesium	—	—	Mg = 40	—
Kalium	—	—	K = 234	—
Natrium	—	—	Na = 130	—
Strontium	—	—	Sr = 108	—

Gehen wir jetzt zur Constitution der Salz
Um die Dichtheit der Carbonate zu erklären,
man an, daß das Radikal CO^2 in seine
dungen mit dem specifischen Volumen 151

m man diese Annahme mit den specifischen Vo-
ıa der Metalle verbindet, welche in Salzen
lten sind, wie man sie soeben bestimmte, so er-
man die Constitution des specifischen Volumens
arbonate, und man gelangt zu folgenden be-
ten Dichtheiten:

Carbonate	Atomgewichte	Formel	Berechnetes specifisches Volumen	Berechnete Dichtheit	Beobachtete Dichtheit
Silber	1728	$Ag + CO^3$	130 + 151 = 281	6,15	6,08 Karsten.
Cadmium	1073	$Cd + CO^3$	81 + 151 = 232	4,63	4,42 Herapath; 4,49 Karsten.
Eisen	715	$Fe + CO^3$	44 + 151 = 195	3,67	3,83 Mohs; 3,87 Neumann.
Mangan	722	$Mn + CO^3$	44 + 151 = 195	3,70	3,55, 3,59 Mohs.
Blei	1670	$Pb + CO^3$	114 + 151 = 265	6,30	6,43 Karsten; 6,47 Breithaupt.
Zink	779	$Zn + CO^3$	58 + 151 = 209	3,73	4,44 Mohs; 4,4, 4,5 Neumann.
Baryt	1233	$Ba + CO^3$	143 + 151 = 294	4,19	4,30 Karsten; 4,24 Breith.; 4,30 Mohs.
Kalk	632	$Ca + CO^3$	60 + 151 = 211	3,00	Arragonit 3,00 Breithaupt; 2,93 Mohs. Kalkspath 2,70 Karsten; 2,72 Beudant.
Magnesia	534	$Mg + CO^3$	40 + 151 = 191	2,80	2,81 Breithaupt; 3,00, 3,11 Mohs; 2,88, 2,97 Neumann.
Kali	866	$K + CO^3$	234 + 151 = 385	2,25	2,26 Karsten.
Natron	667	$Na + CO^3$	130 + 151 = 281	2,37	2,47 Karsten.
Strontian	923	$Sr + CO^3$	108 + 151 = 259	3,56	3,60 Mohs; 3,62 Karsten.
Dolomit	1166	$Mg + CO^3$ / $Ca + CO^3$	40 + 151 / 60 + 151 = 402	2,90	2,88 Mohs.
Mesitin	1250	$Mg + CO^3$ / $Se + CO^3$	40 + 151 / 44 + 151 = 386	3,24	3,35 Mohs.

	Eisen			Berechnete Dichtheit	
Silber	2129	$AgO + N^2O^5$	130 + 358 = 488	4,36	4,36 Karsten.
Blei	2071	$PbO + N^2O^5$	111 + 358 = 472	4,40	4,40 Karst.; 4,77 Breithaupt; 4,34 Kopp
Ammoniak	1004	$AmO + N^2O^5$	218 + 358 = 576	1,74	1,74 Kopp.
Baryt	1634	$BaO + N^2O^5$	143 + 358 = 501	3,20	3,19 Karsten.
Kali	1267	$KO + N^2O^5$	234 + 358 = 592	2,14	2,10 Karsten; 2,06 Kopp.
Natron	1068	$NaO + N^2O^5$	130 + 358 = 488	2,19	2,19 Marx; 2,20 Kopp; 2,26 Karsten.
Strontian	1324	$SrO + N^2O^5$	108 + 358 = 466	2,84	2,89 Karsten.

Sulfate	Elementgewichte	Formel	Berechnetes spezifisches Volumen	Berechnete Dichtheit	Beobachtete Dichtheit
Silber	1953	$AgO + SO^3$	130 + 236 = 366	5,34	5,34 Karsten.
Kupfer	997	$CuO + SO^3$	44 + 236 = 280	3,56	3,53 Karsten.
Zink	1004	$ZnO + SO^3$	58 + 236 = 294	3,42	3,40 Karsten.
Kalk	857	$CaO + SO^3$	60 + 236 = 296	2,90	2,96 Neumann; 2,93 Karsten.
Magnesia	759	$MgO + SO^3$	40 + 236 = 276	2,75	2,61 Karsten.
Natron	892	$NaO + SO^3$	130 + 236 = 366	2,44	2,46 Mohs; 2,63 Karsten.

schwefelsauren Zinks ist von derjenigen ve
welche man durch die Beobachtung erhal
was eine zweite Annahme für das specifische
von CO^3 erheischen wird.

Was die Nitrate anbetrifft, so nimmt
daß das specifische Volumen des Radikals N^2
sei; diese Annahme erklärt die Dichtheit alle
welche wirklich geprüft worden sind.

(Siehe Tabelle neben.)

Die Dichtheit mehrerer Sulfate füh
Annahme, daß das Radikal SO^4 mit dem
Volumen = 236 darin enthalten ist. Folg
die Resultate, welche nach dieser Annahme
und mit den Beobachtungen verglichen word

(Siehe Tabelle neben.)

Die Dichtheit einiger Sulfate kann
Annahme, wo das specifische Volumen des
SO^3 = 236 sein würde, nicht erklärt werd

Kopp nahm an, daß es zwei Modifikati
schwefelsauren Salzen gebe, welche nich
Constitution nach den Volumina haben. In
ist bei der ersten dieser Modifikationen da
SO^4 in der Dichtheit mit einem specifischen

lumen von $CrO^3 = 228$; für die Wolframate das von $WO^3 = 244$ annehmen. Für die Chlorüre gibt es zwei Modifikationen; bei der einen muß man annehmen, daß das Radikal Cl^2 ein specifisches Volumen = 196 habe; diese Modifikation umfaßt die Chlorüre von Silber, Blei, Barium und Natrium; bei der zweiten Modifikation muß man das specifische Volumen des Radikals $Cl^2 = 245$ voraussetzen.

Indem man so fortfährt, gelangt man zur Erklärung der Dichtheit beinahe aller bekannten Salze vermittest einer geringen Anzahl von Voraussetzungen. Kopp hat sich hierauf mit der Constitution des specifischen Volumens der Oxyde beschäftigt und zuerst derjenigen, von denen man annimmt, daß sie in ihren Verbindungen mit ihrem ursprünglichen specifischen Volumen enthalten seien. Nimmt man an, daß das specifische Volumen des enthaltenen Sauerstoffs = 32 ist, so kann man die Dichtheit der Oxyde, welche zu den folgenden Metallen gehören, erklären: Antimon, Wismuth, Cadmium, Cobalt, Kupfer, Zinn, Eisen, Mangan, Queckfilber, Molybdän, Blei, Titan, Zink. Es findet allein bei den Oxydulen des Zinns und des Mangans, den Molybdänoxyd- und Bleisuperoxyd-Zusammensetzungen, für welche die Versuche seit langer Zeit gemacht worden sind, keine Uebereinstimmung Statt.

Die Oxyde von Antimon, Zinn und Chrom verlangen, daß man für das specifische Volumen des Sauerstoffs 64 annehme.

Es gibt endlich andere Oxyde, wie z. B. $2Cu_2O$, $2Hg_2O$, Ag_2O, welche verlangen, daß man 64 specifisches Volumen des Sauerstoffes nehme.

Kopp hat auf dieselbe Weise die Dichtheit der Verbindungen des Schwefels, des Arseniks u. s. w. *mit den Metallen* erklärt.

Die Methode, vermittelst welcher man das specifische Volumen der Körper bestimmte, und welche

dazu diente, die Gesetze, die wir soeben e
haben, zu finden, ist jedoch nicht vor jedem Ein
sicher. Man hat wirklich für dieses Volume
Quotienten des Atomgewichtes durch die Di
angenommen; aber da diese sich mit der Temp
verändert, so erleidet der Quotient entsprechende
änderungen, so daß man nicht das absolute spec
Volumen erhält. Wenn indessen die Temperatu
änderungen in ziemlich ausgedehnten Gränze
Dichtheit der Körper nicht genug veränderten
bedeutende Unterschiede in dem Werthe des speci
Volumens hervorzubringen, so würde folgen
die erhaltenen Bestimmungen wenig von dene
schieden sein würden, welche man an der Grän
halten hätte, d. h. bei der Temperatur, wo die
lekule der Körper aufhören, sich auf eine für
Instrumente merkbare Weise zu nähern. Di
von diesen Bestimmungen, welche bei einer pas
Temperatur gemacht wurde, kann demnach al
näherter Werth für das specifische Volumen angeno
werden. Wir wollen zu diesem Ende die Ver
rungen betrachten, welche in der Dichtheit der K
vorgehen; in den Metallen z. B., wenn ma
Temperatur verändert. Das Blei hat bei
Temperatur von ungefähr 10 Graden eine Di
= 11,3523, seine kubische Ausdehnung von 0 bi
Grad beträgt $1/351$; seine Dichtheit wird demn
30 Graden gleich 11,333 sein, d. h. sie wi
$19/1000$ von der vorhergehenden verschieden sein.
specifische Volumen des Bleis, welches im erste
114,03 war, wird im zweiten Falle 114,22 sein.
Kupfer hat zur Dichtheit bei der nämlichen T
ratur 8,7880; seine Ausdehnung von 0 bis
Grad ist $3/524$, folglich wird bei 30 Grad sein Di
gleich 8,778 sein, welche von der vorhergehende
$1/100$ verschieden ist. Im ersten Falle ist das
fische Volumen 45,02, im zweiten Falle 45,99

Wir sehen, daß in den Metallen der Unterschied zwischen den specifischen Volumina bei Temperaturen von 0 bis zu 30 Graden nicht groß genug ist, um zu verhindern, daß man nicht als Näherungswerth des specifischen Volumens einen von denen nehme, welche man erhalten hat. Bei den Stoffen, welche schlechte Wärmeleiter sind, ist der Fehler, welchen man begeht, noch geringer, indem man für das specifische Volumen bei der gewöhnlichen Temperatur den erhaltenen Werth nimmt. Nehmen wir z. B. den isländischen Spath; wenn man seine Temperatur von 0 bis 100 Grad verändert, so findet man, daß sich die Dichtheit in dem Verhältnisse von 1,00196 zu 1 verändert, woraus man schließt, daß das specifische Volumen von 232,36 bis zu 232,80 geht, ein Unterschied, welcher die Zehntel betrifft. Man sieht daraus, daß man, indem man die Dichtheit bei niederen Temperaturen nimmt, für das specifische Volumen einen Werth erhalten könne, der sich von demjenigen, welchen man an der Gränze erhalten würde, wenig entfernt. Obgleich man also keinen streng genauen Werth erhält, so kann man dennoch die Gesetze wahrnehmen, die vorher in Kopps Resultaten angegeben wurden, Gesetze, welche die Constitution der Verbindungen nach den Volumina leiten.

Die Constitution der festen oder liquiden Verbindungen nach den Volumina, welche aus Kopps Gesichtspunkte betrachtet werden, wird uns dazu dienen, die richtigen Gränzen der Theorie des Isomorphismus, von dem wir bald reden werden, anzugeben; aber unterdessen wollen wir bemerken, daß die Annahmen, woraus er entspringt, um die Dichtheit der chemischen festen oder tropfbarflüssigen Verbindungen zu berechnen, auf Resultate führen, welche so zu sagen mit denen der Beobachtung identisch sind, und die man nothwendig in Erwägung ziehen muß. Ueber-

dies werden wir bei dem Isomorphismu
zurückkommen.

Von den kryſtallo-atomiſchen The

Da die Verbindung in beſtimmten Ve
nach Atomen und nicht nach Bruchatomen
ſo handelt es ſich davon, zu zeigen, wi
ſich denken könne, daß dieſe Atome, indem
eine ſphäriſche Geſtalt beilegt, durch ihr
rung, Moleküle bilden können, deren re
Anordnung geometriſche Geſtalten erzeug
Kryſtalle genannt werden. Man kann v
rien erſinnen, um ähnliche Gruppirungen
ren; man darf aber nur denjenigen Wichtigke
welche ſich auf die Reſultate der chemiſche
und die phyſiſchen Eigenſchaften der Körpe
dieſen Gruppirungen entſpringen, ſtützen.

Ampere ſchlug zuerſt dieſen Weg in
ſtallo-atomiſchen Theorie ein, welche den B
daß ſie, während ſie die Kryſtallgeſtalten der
klärt, wegen der Bedingungen, welchen die
unterworfen ſind, angibt, ob eine Verbind
lich iſt oder nicht. Dieſe Theorie iſt ferne
Princip gegründet, daß, da die Moleküle
durch die Wirkung der attraktiven und
Kräfte in unendlich großen Entfernungen in
zu ihren Dimenſionen gehalten werden, ih
keinen Einfluß auf die Eigenſchaften dieſer
ben könne, da dieſe demnach nur von der
der Gruppirung der Moleküle abhängen

Wir wollen hier die Anſicht Ampere's
Die Moleküle werden von den Elementarp
gebildet, und da jeder Raum wenigſtens
menſionen hat, ſo muß jedes von ihnen
aus vier Partikelchen beſtehen, weil man,
Raum zu beſchreiben, wenigſtens vier Ch

muß, von denen eine jede durch die Schwerpunkte von dreien dieser Partikelchen geht. In dem Falle, wo die Moleküle eine größere Anzahl von Partikelchen oder Atomen enthalten, geht jede der Ebenen, welche ihr Volumen begränzen, durch die Schwerpunkte dreier Atome und läßt alle anderen Atome auf einer und derselben Seite, sonst würde es in den Krystallen keine eingehenden Winkel geben. Man kann auf diese Weise Polyeder bilden, welche die Moleküle der Körper darstellen. Wir wollen nun zu den Anwendungen schreiten.

Bei den einfachen oder zusammengesetzten Gasen werden die Moleküle durch die expansive Kraft der Wärme in weit größeren Entfernungen als diejenigen gehalten, wo die Affinität, die Adhäsion ihre Wirkung äußern. Diese Entfernungen können demnach nur von der Temperatur und dem Drucke abhängen, woraus hervorgeht, daß bei gleichen Temperaturen und Drucken die Moleküle aller Gase in derselben Entfernung stehen, und daß ihr Volumen dem der Gase proportional sein müsse; da es aber vorkommt, daß die Gase in den Verbindungen nur ein Halbvolumen bilden, und daß man die Theilbarkeit der Partikelchen oder Atome nicht annehmen kann, so nimmt Ampere mit Recht an, daß die Moleküle der einfachen Gase, wie z. B. der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, aus einer hinreichenden geraden Anzahl von Atomen bestehe, damit alle bekannten Verbindungen diesen Bedingungen Genüge leisten können. Die einfachste Voraussetzung ist die, anzunehmen, daß die Moleküle dieser Gase aus vier Atomen bestehen; das Moleküle des Stickstoffoxydulgases würde demnach aus zwei Partikelchen Sauerstoff und zwei Atomen Stickstoff bestehen; die des Stickoxydgases aus vier Atomen Stickstoff und zwei Atomen Sauerstoff, die des Wasserdampfes aus vier Atomen Wasserstoff und zwei Atomen Sauerstoff, die des Ammoniakgases aus sechs

Atomen Wasserstoff und zwei Atomen Stickstoff. Was die Moleküle des Chlors anbetrifft, so kann man ihre Verbindungen nur dadurch erklären, daß man annimmt, sie bestehen aus acht Atomen und so fort. Um vier, sechs, zwölf Atomen u. s. w. so zu gruppiren, daß sie Tetraeder, Octaeder, Parallelepipeden und die Säule, das Rhomben-Dodecaeder bilden, schließt man auf folgende Art:

Nehmen wir zwei Atome, welche durch eine Linie vereinigt sind, und zwei andere Atome, die auf die nämliche Weise in derselben Ebene angeordnet sind, so daß die beiden Linien sich in zwei gleiche Theile und unter rechten Winkeln schneiden. Wenn man diese beiden Linien entfernt, indem man sie immer in derselben Ebene in einer parallelen Lage hält, so wird man ein regelmäßiges Tetraeder erhalten, wenn die beiden Linien, die einander gleich sind, um eine Entfernung getrennt worden sind, die sich zu ihrer Länge $= 1 : \sqrt{2}$ verhält. Wenn man jetzt drei Atome, welche durch Linien, die irgend ein Dreieck bilden, verbunden sind, und man in dieselbe Ebene ein anderes dem ersten gleiches Dreieck legt, dessen Lage so ist, daß die zwei Dreiecke ihren Schwerpunkt in dem nämlichen Punkte haben und ihre gleichen Seiten beziehungsweise parallel mit ihrer ursprünglichen Lage sind, so erhält man die sechs Ecken eines Octaeders, welches nur in dem Falle regelmäßig ist, wo die Dreiecke gleichseitig sind, und wenn man sie senkrecht zu ihrer Ebene um eine Größe entfernt, die sich zu ihren Seiten

$$= \sqrt{2} : \sqrt{3}$$

verhält.

Indem Ampere den nämlichen Weg einschlug, zeigte er, daß ein Parallelepipedon aus der Vereinigung zweier Tetraeder gebildet wird: wenn dieselben regelmäßig gebildet sind, so wird das Parallelepipedon

in Kubus; daß eine sechsseitige Säule aus der Vereinigung zweier Octaeder entstehen könne, und daß man durch die Verbindung von zwei Tetraedern und einem Octaeder ein Dodecaeder erhalte; daß das Octaeder, welches auf eine gewisse Art mit dem Tetraeder verbunden ein Heradecaeder gebe, das aus vier gleichseitigen und zwölf gleichschenkligen Dreiecken besteht; daß zwei Octaeder, welche zu einer sechsseitigen Säule vereinigt sind, sich zu zwei Tetraedern, die einen Würfel bilden, vereinigen und einen Polyeder mit zwanzig Ecken geben können, der aus sechs Rechtecken und vierundzwanzig gleichschenkligen Dreiecken besteht. Als Ampere auf diese Art die Verbindungsweise verschiedener Körper fortsetzte, ist es ihm gelungen, Polyeder von vierundfünfzig Flächen, von sechsundsechzig Flächen, von achzig Flächen und sogar darüber hinaus zu erhalten, welche die verschiedenen Anordnungen der Atome aller Körper, deren Anzahl durch den Versuch bestimmt ist, vorstellen; durch diese Bestimmung erhält man wirklich die polyedrische Gestalt, welche dem Molekül entspricht, aber ist dies wohl die Gestalt des Moleküls? Welchen Beweis gibt Ampere davon? Keinen. Er hat nicht untersucht, ob das Krystallsystem einer Verbindung mit dem Prinzipe des constituirenden Moleküles, welches nach seinen theoretischen Ansichten bestimmt worden ist, übereinstimmt. Bei Verfolgung der Deduktion dieser Theorie findet man jedoch, wenn man die Verbindungen des Wasserstoffs und des Sauerstoffs mit verschiedenen Körpern mit Ausnahme des Chlors und des Schwefels, deren Verbindungen mit dem Wasserstoffe eine Säure bilden, vergleicht, daß eine und dieselbe Menge eines Körpers, welche fähig ist, sich mit dem Wasserstoffe zu vereinigen, sich mit demselben auf eine Weise verbindet, daß im Allgemeinen in jedem Theile der Verbindung vier Atome Wasserstoff mehr sind, als sich Atome Sauerstoffgas in der entsprechenden Verbindung, des-

selben Körpers mit diesem letzteren Gase bestr
als Prüfungsmittel der Theorie kann man, d
Zusammensetzung der Körper bekannt ist, die Me
verhältnisse von Säure, Base und sogar von Kr
wasser bestimmen, welche in den sauren, neu
und basischen Salzen einer und derselben Art en
sein müssen, oder wenn man die vertretend
stalten der Moleküle der Säure und der Base
Wenn man z. B. die Gestalt der Partikele
Schwefelsäure betrachtet, eine Gestalt, welch
die Zahl der Atome, welche in ihre Verbindu
mäß der oben angegebenen Ansichten, komm
stimmt ist, so findet man nach dem Versu
größtentheils die basischen schwefelsauren Sa
mal mehr Base, als die neutralen enthalte
und daß die Menge der Schwefelsäure in d
schwefelsauren Salzen das Doppelte von der
tralen schwefelsauren Salze ist, während die
Säure nach der darstellenden Form ihrer
mit dem Ammoniak ein saures Salz bilde
in größerer Menge als in dem neutrale
sauren Salze vorkommt. Man sieht dara
geometrischen Betrachtungen Ampere's, w
atomische Zusammensetzung der Körper ge
Prüfungsmittel haben, an welchen sich die
können, welche sich für diese Gattung v
gen interessiren. Die Ansichten, welche
auseinander gesetzt haben, sind gewiß
und von der Art, daß sie in Erwägung
den müssen, weil sie auf der Zusamm
Körper in atomischen Verhältnissen ber
haben jedoch den Nachtheil, daß sie
schaft als Molekülegestalt sehr compl
aufnehmen, deren Struktur ohne ein
sehr schwer aufzufassen ist. Andererse
pere mehr darauf gelegt, der atomis
setzung Genüge zu leisten, als zu

Molekularform mit denen der Moleküle der Körper, welche man krystallisirt erhalten kann, übereinstimmen. Um diesen beiden Nachtheilen zu begegnen, suchte Gaudin, indem er wie Ampere die Halbatome vermied und dem Gesetze der Symmetrie und der atomischen Zusammensetzung Genüge leistete, die Gestalten der Moleküle durch Polyeder darzustellen, die nicht so complicirt wären, als diejenigen, von denen vorher die Rede war, indem er sich zu beweisen bestrebte, daß in den möglichen Prüfungsfällen diese Formen mit denen der Natur übereinstimmen. Diese Modifikationen der Theorie Ampere's verdienen berücksichtigt zu werden.

Wir geben hier die Principien, welche Gaudin zur Grundlage für die Gruppirung der Partikelchen gedient haben:

1) Die Atome kommen nie in Contakt.
2) Ihre Entfernung verändert sich nach den Schwingungen, die sie unaufhörlich machen.
3) In den Verbindungen findet ein allgemeines Gemische der Atome Statt.

Die Atome, welche mit einer starken elektro-chemischen Kraft begabt sind, nehmen jedoch die Hauptrichtungen in dem constituirenden Molekül ein, so bilden das Blei u. s. w., das Kalium u. s. w., und nie der Wasserstoff, der Stickstoff u. s. w., den Kern des Molekuls.

4) Wenn mehrere identische Atome in einer Ebene um ein anderes Atom sich gruppiren, so geschieht es immer in der Zahl 2, 3, 4, 6 oder 12; die Zahlen 5, 7, 9 sind ausgeschlossen. Die gewöhnlichsten sind 4, 6, 8. In dem Falle, wo das Hauptatom das eines Metalles ist und die anderen, die des Sauerstoffes sind, so erhält man dadurch, daß man sie durch gerade Linien verbindet, Polyeder von 4, 6 und 8 Seiten. Wir wollen hier einige Beispiele der Gruppirung

Diese Verbindung kann nach Gaudin nur
Annahme vor sich gehen, daß die Partikel
big sind, sich in zwei Theile zerlegen zu
Man muß demnach annehmen, um dem Ge
Zusammenzusetzung zu genügen, daß das
chen aus einer geraden Anzahl von Atomen
wie es Ampere angegeben hat. Gaudin h
Zahl für die Partikelchen des Chlors und d
serstoffs auf zwei festgesetzt.

Auf gleiche Weise gibt ein Volumen Sau
bei seiner Verbindung mit zwei Volumen Wass
zwei Volumina Wasserdampf. Es muß sich
jedes Atom Sauerstoff zwei Atome Wasserst
nen. Das Partikelchen Wasser besteht da
drei Atomen, was erfordert, daß das Pa
Sauerstoff ein Doppelatom sei. Durch anal
trachtungen findet man, daß die Partikel
Kohlenstoffs und der Metalle atomisch, die
phors im Dampfzustande tetratomisch, die des
fels heratomisch sind.

Wir wollen die Folgerungen, die man
theoretischen Ansichten Ampere's, die von Ga
difizirt wurden, ziehen kann, nicht weiter
weil wir nur die Bemühungen, die man

nn, hüten muß, so haben wir dennoch, da
Thatsachen gegründet ist, welche sie fast alle
ihr eine Stelle in dieser Abhandlung geben

dem, was wir so eben gesehen haben, sieht
t ein, daß man die Atome auf viele Arten grup-
nne, um daraus integrirende Moleküle zu
d hierauf zu krystallinischen Formen zu ge-
Baudrimont hat auch einen derartigen Ver-
stellt, wir wollen seine Ansichtsweise, welche
auf die Principien Ampere's gegründet ist,
t.

die Atome sich ordnen, um ein integri-
Molekül zu bilden, so gruppiren sie sich
ig. Sobald die integrirenden Moleküle ziem-
einander getrennt sind, um sich frei zu be-
nd sich langsam zu nähern, so bilden sich
ystallisirte Zusammensetzungen; woraus folgt,
Gestalten dieser letzteren von der Zahl und
Anordnung der Atome abhängen müssen;
ann die Natur der Atome sich ändern, ohne
der Moleküle wechseln kann. Nehmen wir
okalium, dessen Formel I^2K ist; diese Ver-
krystallisirt in Würfeln. Chlorkalium, das
iche Formel Cl^2K hat, krystallisirt auf die-
. Die Carbonate, deren Formel die näm-
krystallisiren im rhomboeder'schen Systeme;
Winkel des Rhomboeders zeigen einige Dif-
Wir sehen jetzt, indem wir immer der
Baudrimonts folgen, wie sich die Atome,
Zusammensetzung und die Krystallgestalt einer
ng bekannt sind, gruppiren müssen, um diese
stalt zu bilden. Nehmen wir z. B. das Schwe-
elches im kubischen Systeme krystallisirt und
ormel S^1Pb ist; nun können zwei gleiche
inen Würfel bilden, weil man wenigstens

der von den Flächen auf folgende Weise geordnet sind: $-\frac{SP}{PS}$; alsdann besteht das Molekül aus vier Atomen. Wenn man das Kochsalz, Cl^2Na, betrachtet, so muß man eine Zahl von Atomen nehmen, welche hinreicht, um einen Würfel zu bilden; die einfachste Annahme ist nun die, neun Atome von diesem Chlorür anzunehmen, nämlich neun vom Natrium und achtzehn von Chlor. Diese Elemente sind dann auf folgende Art für den ersten Schnitt angeordnet:

Na. Cl. Na.
Cl. Cl. Cl.
Na. Cl. Na.

Der dritte Schnitt ist wie der erste. Diese Methode, welche ziemlich rationell scheint, zeigt, daß die chemischen Formeln nur das Zahlverhältniß der Atome ausdrücken. Nehmen wir ein anderes Beispiel aus der organischen Chemie. Der Kampher, welcher im kubischen Systeme krystallisirt, hat zur Formel $C^{10}H^{16}O$; da nun die Summe der Atome gleich siebenundzwanzig ist, so ist dies genau die Zahl, welche zur Bildung des Würfels erforderlich ist. Diese Beispiele sind hinreichend, um einen Begriff von der Methode des Baudrimont zu geben.

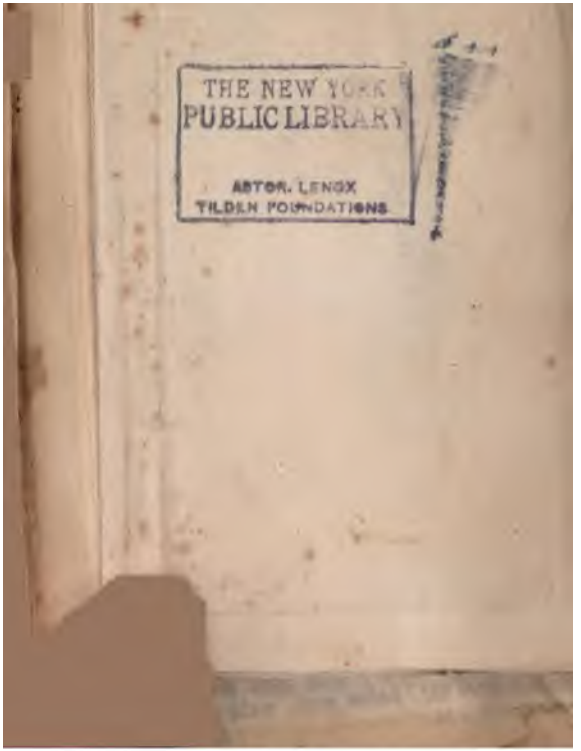
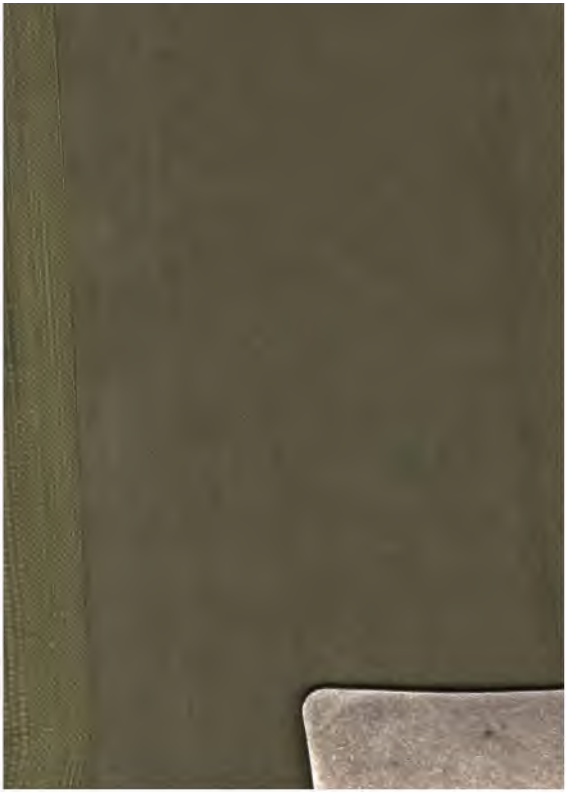
Pl. 3.

Fig. 8.

a

Fig. 9.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX TILDEN FOUNDATIONS


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

Pl. 4.